



Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en voie de développement

Alain Morel a L'Huissier

► To cite this version:

Alain Morel a L'Huissier. Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en voie de développement. Economies et finances. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1990. Français. NNT: . tel-00529771

HAL Id: tel-00529771

<https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-00529771>

Submitted on 26 Oct 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

X

MEMOIRE
PRESENTE POUR L'OBTENTION DU GRADE DE
DOCTEUR DE L'ECOLE NATIONALE DES PONTS ET CHAUSSEES

Spécialité:
Sciences et Techniques de l'Environnement

par Alain MOREL A L'HUISSIER

Sujet:

**ECONOMIE DE LA DISTRIBUTION D'EAU
AUX POPULATIONS URBAINES A FAIBLE REVENU
DANS LES PAYS EN DEVELOPPEMENT**

soutenue le 22 décembre 1990
devant le jury composé de:

M. Rémy PRUD'HOMME	Président
M. Rémy POCHAT	Rapporteur
M. Henri COING	Rapporteur
M. Gabriel DUPUY	Examineur
M. Jean-Claude DEUTSCH	Examineur

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur Rémy PRUD'HOMME, Professeur à l'Institut d'Urbanisme de Paris, qui, au cours de son enseignement, m'a initié aux problèmes et aux méthodes de l'économie de l'environnement et qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.

Je remercie Messieurs Henri COING et Rémy POCHAT d'avoir bien voulu accepter de mettre leur compétence dans le domaine traité au service de la critique et de l'évaluation de ce travail.

Ma profonde gratitude va à Monsieur Gabriel DUPUY pour avoir non seulement dirigé cette thèse mais aussi pour m'avoir encouragé, témoigné sa confiance et prodigué les plus précieux conseils pendant toute la durée de ce travail.

Monsieur Jean-Claude DEUTSCH, qui m'avait encadré sur ce sujet dès mon stage de DEA, a accepté de participer à ce jury. Qu'il trouve ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je remercie vivement, pour leur soutien et leurs conseils, les membres du CERGRENÉ et de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, où ce travail a pu se dérouler dans d'excellentes conditions.

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'aide précieuse que m'ont apportée les nombreuses personnes rencontrées en France et en Afrique, en m'accordant un peu de leur temps, en mettant à ma disposition les informations en leur possession et en me proposant un soutien logistique dont je mesure pleinement toute la valeur. Je tiens en particulier à remercier à ce titre Messieurs OLIVER et BOS, de la SAFEGE, M. HENRY, de la Caisse Centrale de Coopération Economique, M. GBALOAN SERI, de la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire, M. SURRATEAU, de la Direction de l'Hydraulique de Côte d'Ivoire, M. DUQUESNE, de la Direction de l'Urbanisme de Côte d'Ivoire, M. AUTARD, de la Direction et Contrôle des Grands Travaux de Côte d'Ivoire, Monsieur le Maire de KORHOGO, M. CHELLE, Directeur des services techniques de la Ville de KORHOGO, Messieurs SITA, IKOUNGA et ITOUA-GOMBA, de la Société Nationale de Distribution d'Eau du Congo, M. TESTA, de la Mission d'Urbanisme et d'Habitat au Congo, Messieurs BADJO, TREGUIER, GADOUAIS, TCHAGOLE et TRAORE, de la Régie Nationale des Eaux du Togo, M. OSSENI, de la Direction de l'Hydraulique et de l'Energie du Togo, M. FELLI, de la Direction Générale de l'Urbanisme et de l'Habitat du Togo, M. MARGUERAT, du Centre ORSTOM de Lomé, M. LAROCHE, de la Société Togolaise d'Etudes et de Développement, Messieurs ELESSA, MAUPAS, MOUIRI et ROBIN, de la Société d'Energie et d'Eau

du Gabon, M. YAO, de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement du Burkina Faso et Messieurs GUIEBO et OUEDRAOGO, de la Direction Générale de l'Urbanisme du Burkina Faso.

J'exprime ici ma plus profonde gratitude, ainsi que mon admiration et mon affection à Monsieur François VALIRON et à Madame Lyliane PIERRE, dont l'aide et l'enseignement m'ont été si infiniment précieux.

Je tiens enfin à remercier le Ministère de l'Equipeement, du Logement, des Transports et de la Mer pour m'avoir permis de débiter ma vie professionnelle par une activité de recherche. Je suis convaincu que l'expérience acquise au cours de ces quelques années me sera profitable tout au long de ma carrière.

RESUME

Les investissements réalisés et les politiques sociales mises en oeuvre au cours de cette Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (1981-1990) n'ont pas permis d'étendre significativement le service domiciliaire dans les villes africaines. Un grand nombre de personnes revendent aujourd'hui, soit directement à leurs voisins non raccordés, soit en la livrant à partir des points d'eau collectifs, l'eau produite par les compagnies distributrices.

La diminution du coût du raccordement pour l'usager (branchements-type simplifiés, subventions, crédit) se heurte à des obstacles incontournables de nature technique, institutionnelle ou socio-économique qui en limitent singulièrement la portée. Quant aux tarifs pratiqués (subventions globales ou croisées) ou leur possible structuration (ajustements, progressivité des tranches), ils concilient difficilement équité et efficacité économique.

Les activités de revente de l'eau ne se sont pas seulement développées du fait de ces échecs mais relèvent de cette forme de production particulière au système de l'économie urbaine pauvre, souvent dénommé "secteur informel".

Favorisées, au contraire des réseaux de distribution, par une faible intensité en capital et une forte intensité en main d'oeuvre, elles permettent de suivre avec plus de souplesse les variations quantitatives et qualitatives de la demande, de pallier les lacunes spatiales (zones mal desservies) ou temporelles (desserte intermittente) du réseau canalisé et de fournir un nombre maximal d'emplois pour une immobilisation minimale de capital. Au sein du circuit de distribution d'eau, la revente remplit une fonction régulatrice et garantit à ceux qui y recourent une protection contre toutes sortes d'aléas: économiques, politiques, fonciers, climatiques et techniques.

Diverses études de cas montrent que l'exploitation des bornes-fontaines par des particuliers ou par des comités de quartier sous contrat de gestion déléguée permet de pallier ces inconvénients, à condition toutefois que soient prises certaines dispositions contractuelles et tarifaires ainsi que des mesures d'accompagnement et d'incitation.

L'analyse des systèmes de distribution "sociale" de l'eau et des systèmes de "redistribution" aboutit à une nouvelle approche de la planification et de la conception des réseaux de distribution prenant en compte les limites des premiers et les potentialités des seconds.

Les méthodes de prévision de la demande ont d'abord été questionnées. A peu près fiables dans le cas de la desserte par branchements individuels d'une

zone à l'urbanisation contrôlée et maîtrisée, elles semblent donner des résultats beaucoup plus incertains lorsque la desserte collective ou semi-collective devient prépondérante.

Après avoir analysé chacune des variables explicatives de la demande, notamment les revenus, les tarifs et la distance au point d'eau -les principales en cause pour les systèmes redistributifs-, nous mettons en évidence les difficultés inhérentes aux méthodes d'ajustement statistique de la demande à des variables telles que la population et ses nombreux paramètres descriptifs. ces méthodes viennent souvent ôter toute significativité aux modèles de prévision.

En revanche, les outils de l'analyse économique spatiale permettent de jeter les bases d'une modélisation nouvelle de la demande, susceptible de prendre en compte tant les relations de concurrence et de complémentarité entre les divers modes d'approvisionnement des ménages à faibles revenus (y compris les puits privés), que les rapports coûts-distances qui les caractérisent et qui déterminent les comportements de la majorité de ces ménages. Ces modèles autorisent la prévision de la demande de service redistributif (collectif: bornes-fontaines payantes; ou domiciliaire: livraison à domicile), des revenus des opérateurs (sociétés distributrices, revendeurs de voisinage, gérants des bornes-fontaines et transporteurs-livreurs) et du surplus des usagers des services redistributifs. Ils permettent d'en mesurer la sensibilité aux paramètres de décision que sont les tarifs de revente et le nombre de bornes-fontaines installées.

L'optimisation économique des réseaux de distribution implique non seulement le choix d'un niveau de desserte et d'un tarif optimaux - ce que les modèles précédents peuvent aider à atteindre -, mais aussi de planifier les investissements d'expansion du réseau. La question se pose en effet de savoir si l'on doit construire directement un réseau calibré pour les besoins à satisfaire à l'horizon de planification, ou bien en plusieurs étapes de capacité réduite. Le phasage optimal est celui qui minimise le coût total actualisé des investissements.

Pour les canalisations d'amenée de l'eau et pour les autres équipements d'un réseau d'adduction d'eau potable (pompage, traitement, stockage), des modèles de choix des dates et capacités optimales d'expansion ont été développés. Pour les réseaux de distribution, le problème d'optimisation est en revanche plus difficile à résoudre. Plusieurs facteurs d'économie d'échelle doivent être considérés simultanément, différents pour chacune des variables suivantes: consommation spécifique, population, aire à desservir, nombre de points d'eau et facteur de pointe. Grâce au recours à des modèles de réseaux arborescents simples, nous élaborons un modèle d'optimisation du phasage des réseaux ramifiés.

Ce modèle aboutit au choix des alternatives (1 ou plusieurs phases) et des dates optimales d'extension ou de densification des réseaux en fonction de la loi attendue de progression de la demande, du retard initial de l'offre sur la demande et du taux d'actualisation.

PLAN DE LA THESE

page

INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
-----------------------	---

PREMIÈRE PARTIE: LA DÉCENNIE INTERNATIONALE DE L'EAU POTABLE: LE PARI PERDU DES BRANCHEMENTS POUR TOUS

I. LA DÉCENNIE INTERNATIONALE DE L'EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT: OBJECTIFS, MOYENS ET CONTRAINTES	17
A. LES OBJECTIFS DE LA DIEPA	17
B. LES INVESTISSEMENTS ENGAGÉS ET LEUR ORIGINE	19
C. LES CONTRAINTES	24
CONCLUSION	31
II. LES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU ET LEURS INSTRUMENTS	33
INTRODUCTION	33
A. LA POURSUITE DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES" ET L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX MODES D'EXPLOITATION	34
B. LES BRANCHEMENTS-TYPES À FAIBLE COÛT	41
C. LES BRANCHEMENTS SUBVENTIONNÉS OU "GRATUITS"	46
D. LES BRANCHEMENTS À CRÉDIT	48
E. LA TARIFICATION	54
III. L'IMPACT DES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU	69
A. L'IMPACT DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES"	69
B. L'IMPACT DES BORNES-FONTAINES AUTOMATIQUES	72
C. L'IMPACT DES BRANCHEMENTS GRATUITS OU À CRÉDIT	74
D. L'IMPACT DE LA TARIFICATION	82
CONCLUSION	90

SECONDE PARTIE: STRUCTURE ET FONCTION DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS

IV. STRUCTURE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	107
A. LA REVENTE PRIVÉE DE VOISINAGE	107
B. LES SERVICES DE LIVRAISON/PORTAGE	118
C. ÉCONOMIE TERRITORIALE DES SYSTÈMES REDISTRIBUTIFS	133

V. FONCTION DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	145
INTRODUCTION	145
A. LE SECTEUR INFORMEL	146
B. IDENTIFICATION AU SECTEUR INFORMEL ET LIEUX DE RUPTURE	162
VI. INTÉGRATION ET RÉGULATION DES SYSTÈMES REDISTRIBUTIFS	171
INTRODUCTION	171
A. LA GESTION DES BORNES-FONTAINES DELEGUEE A DES PARTICULIERS: les cas de Kigali et de Bangui	172
B. LA GESTION DES OUVRAGES DE DISTRIBUTION COLLECTIVE DELEGUEE A DES COMITES DE QUARTIER: le cas de Ouagadougou	194
C. LE CHOIX DES MODALITES TECHNIQUES, CONTRACTUELLES ET TARIFAIRES	206
 <i>TROISIÈME PARTIE: VERS UNE CONCEPTION ET UNE PLANIFICATION APPROPRIÉES DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION</i>	
VII. L'EVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU	227
INTRODUCTION	227
A. UN DÉFAUT GÉNÉRAL: LA SURESTIMATION DE LA DEMANDE EN EAU POTABLE	229
B. LES VARIABLES EXPLICATIVES DE LA DEMANDE	237
C. LA MODÉLISATION DE LA DEMANDE	246
VIII. ANALYSE ÉCONOMIQUE SPATIALE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	257
INTRODUCTION	257
A. HYPOTHESES	258
B. SYSTEME BORNES-FONTAINES/PUITS PRIVATIFS	264
C. SYSTEME BORNES-FONTAINES/LIVRAISON/PUITS PRIVATIFS	273
D. APPLICATIONS	282
CONCLUSION	287
IX. LE PHASAGE OPTIMAL DES RESEAUX DE DISTRIBUTION	291
A. POSITION DU PROBLEME ET METHODOLOGIE	291
B. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION	304
C. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL DE DENSIFICATION	336
CONCLUSION GÉNÉRALE	347
BIBLIOGRAPHIE	349
INDEX DES TABLEAUX	365
INDEX DES FIGURES	369
INDEX DES MODELES	375
SOMMAIRE	379
ANNEXES	383

A mes parents,

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Il n'est pas absurde d'affirmer qu'aujourd'hui, des millions de personnes à travers le monde revendent de l'eau préalablement produite par les compagnies de distribution, soit à leurs voisins non raccordés, soit en la livrant sur des distances plus ou moins éloignées des points d'eau collectifs, et qu'elles réalisent ainsi un bénéfice supérieur à celui que ces compagnies tirent elles-mêmes de la vente d'eau potable aux ménages.

Paradoxalement, ce sont souvent les plus pauvres qui recourent en ville à ces revendeurs privés et payent l'eau au prix le plus élevé tandis que les plus riches bénéficient à meilleur compte d'un approvisionnement par branchement domiciliaire.

Tout aussi paradoxalement, ces pratiques sont demeurées largement méconnues par les responsables du secteur et le plus souvent rejetées dans l'illégalité, alors même que la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement¹ (DIEPA) se fixait pour but de tout mettre en oeuvre pour fournir à tous de l'eau potable en 1990.

Or, les ambitieux objectifs de la DIEPA sont loin d'être atteints, malgré les énormes efforts financiers consentis pour étendre et densifier les réseaux. La revente de l'eau s'est développée et les taux de raccordement marquent le pas malgré les politiques sociales mises au point pour mettre l'eau à la portée des plus pauvres. La situation se serait même dégradée puisque la Banque Mondiale estime qu'un tiers environ des quelque deux milliards de personnes vivant en milieu urbain n'ont pas encore accès à une source d'approvisionnement correcte en eau potable, ce qui ramènerait le taux de couverture des besoins à celui de 1972.

A l'heure où l'on dresse le bilan de cette Décennie qui s'achève, les pratiques de revente posent un problème certain. Pourquoi tant de personnes acceptent-elles de payer si cher les services des revendeurs? Comment expliquer que ces pratiques semblent même se développer alors que la consommation des ménages raccordés et les rythmes de raccordement stagnent et que l'on s'efforce un peu partout de maintenir des tarifs bas? Doit-on continuer à ne tolérer

¹ 1981-1990, officiellement déclarée par l'Organisation des Nations-Unies lors de la Conférence Internationale de l'Eau à Mar El Plata en 1977

provisoirement ces pratiques qu'en l'absence d'une desserte de tous les logements et fermer pudiquement les yeux sur les abus d'un marché où s'exerce apparemment une libre concurrence totale? Doit-on au contraire les considérer comme un segment à part entière de la distribution d'eau urbaine et tenter d'en réguler le fonctionnement?

Ces questions sont indissociables de l'évaluation des politiques sociales mises en oeuvre par les distributeurs sous l'impulsion des bailleurs de fonds pour étendre le service domiciliaire (**1^{ère} partie**).

Soulignons dès à présent qu'il n'y jamais eu de remise en cause fondamentale des technologies utilisées jusqu'à maintenant pour alimenter les zones urbaines en eau potable ni de leur aptitude à répondre aux besoins et aux contextes particuliers des pays en développement. Toutes les recherches et tous les projets d'AEP partent du principe que leur transfert est possible, moyennant de simples aménagements techniques (branchements et réseaux à moindre coût, bornes-fontaines, réseaux évolutifs, etc.) ou financiers (structures tarifaires particulières, opérations de branchements groupés, crédit au raccordement, etc.) visant à en réduire le coût réel ou la part du coût supportée par l'utilisateur.

Or, l'économie urbaine des pays en développement recèle d'abondants exemples de biens ou de services fournis par de petits entrepreneurs privés suivant une forme de production radicalement différente de celle du secteur moderne, privé ou public.

La thèse que nous nous proposons de soutenir dans le présent travail est la suivante:

Les activités de revente de l'eau ne sont pas le produit des avatars du développement des réseaux d'alimentation en eau potable. Elles relèvent au contraire de cette forme de production particulière au système de l'économie urbaine pauvre¹ et adaptée aux contraintes économiques et sociales pesant sur les agents concernés - producteurs et consommateurs. Elles ne viennent pas seulement combler l'absence d'une desserte que devrait assurer le réseau de distribution (le "système moderne"). Elles forment un véritable système dual qui, quoique situé dans d'étroits rapports de dépendance structurelle avec le système moderne, n'en est pas moins doté d'une

¹ souvent dénommé "secteur informel" ou "circuit inférieur"

cohérence, d'une dynamique et d'une rationalité propres.

L'étude des structures et des fonctions de ces systèmes de revente (**2^{ème} partie**) permet de mieux comprendre les raisons de l'échec patent des politiques sociales de l'eau ainsi que leurs limites. Elle nous permet en outre de jeter les bases d'une nouvelle approche opérationnelle de la distribution sociale de l'eau et de définir de nouveaux instruments de planification, de conception et de gestion des réseaux de distribution (**3^{ème} partie**).

Dans la première des trois parties que comporte ce travail, nous exposerons successivement les objectifs que l'ensemble des pays regroupés au sein de l'ONU s'étaient proposé d'atteindre à l'horizon 1990, les moyens financiers mobilisés dans le cadre de la DIEPA pour y parvenir, ainsi que les principales contraintes, notamment macro-économiques, auxquelles il a fallu faire face (*chapitre I*). Puis nous analyserons la nature et le contenu des politiques sociales mises en oeuvre pour tenter de mettre l'eau à portée des plus démunis (*chapitre II*).

Nous montrerons (*chapitre III*) en particulier pourquoi et comment :

- le système de distribution gratuite de l'eau aux bornes-fontaines a été généralement peu-à-peu abandonné par les sociétés distributrices;
- les bornes-fontaines payantes et automatiques ne semblent pas constituer une alternative sérieuse à court-terme pour l'approvisionnement collectif en eau;
- la diminution du coût du raccordement pour l'utilisateur (branchements-type simplifiés, subventions, crédit) se heurte à des obstacles incontournables de nature technique, institutionnelle ou socio-économique qui en limitent singulièrement la portée;
- les tarifs pratiqués (subventions globales ou croisées) ou leur possible structuration (ajustements, progressivité des tranches) concilient difficilement équité et efficacité économique.

La seconde partie est consacrée à l'étude des pratiques de revente de l'eau potable. En tout état de cause, le pragmatisme commande en effet d'approfondir préalablement à toute recommandation la connaissance très partielle que nous pouvons avoir de ces pratiques et de nous interroger sur leur

rôle. Les quelques exemples et études de cas sur lesquelles s'appuie ce travail épuisent à notre connaissance complètement la littérature française et anglo-américaine sur le sujet.

L'analyse structurelle des "réseaux" de revente nous permet d'ébaucher une économie territoriale de la distribution d'eau (*chapitre IV*) prenant pour la première fois en compte ces pratiques aussi répandues que méconnues. Nous montrerons:

- que ces réseaux de revente s'opposent aux réseaux canalisés de distribution par une faible intensité en capital et une forte intensité en main d'oeuvre;
- qu'ils se trouvent placés à l'aval topologique des réseaux canalisés et dans des rapports de dépendance structurelle vis-à-vis du système "moderne" de distribution;
- que les propriétés structurelles de la revente privée confèrent à celle-ci une souplesse d'adaptation à la demande susceptible de pallier les lacunes spatiales (zones mal desservies) ou temporelles (desserte intermittente) du réseau canalisé.

Grâce à un détour par l'abondante bibliographie sur le "secteur informel", nous montrerons (*chapitre V*) que les activités de revente privée de l'eau possèdent les caractéristiques des activités de ce secteur. Favorisées par la divisibilité et la mobilité tant du capital que de la main d'oeuvre, elles permettent de suivre avec plus de souplesse les variations quantitatives et qualitatives de la demande et de fournir un nombre maximal d'emplois pour une immobilisation minimale de capital. Au sein du circuit de distribution d'eau, la revente remplit donc une fonction régulatrice et garantit à ceux qui y recourent une protection contre toutes sortes d'aléas: économiques, politiques, fonciers, climatiques et techniques.

Doit-on en conclure que la revente privée constitue la seule forme de desserte adaptée à l'approvisionnement en eau potable des plus pauvres? N'est-il pas possible d'intervenir sur ce marché, abandonné jusqu'à présent à une libre concurrence totale entre opérateurs privés, pour tenter d'en corriger les abus et les défauts?

Ceux-ci ne manquent pas, en effet. Chacun déplore les tarifs pénalisants pratiqués par les revendeurs, notamment pendant les saisons sèches ou dans les zones où se créent des situations de monopole ou d'oligopole, ainsi que les conditions d'hygiène dans lesquelles l'eau est transportée ou

stockée. Les sociétés distributrices se trouvent même presque toujours dans l'impossibilité de repérer les revendeurs.

A travers diverses études de cas, nous montrerons (*chapitre VI*) que l'exploitation des bornes-fontaines par des particuliers ou par des comités de quartier sous contrat de gestion déléguée permet de pallier les principaux inconvénients de la revente privée, à condition toutefois que les dispositions contractuelles soient judicieusement choisies.

La revente sous contrat de gestion déléguée nous paraît une solution appropriée non pas tant à cause des résultats des quelques cas expérimentés ici ou là que par leur parenté avec les systèmes de revente privée. Un des résultats essentiels de notre analyse est en effet le suivant:

la revente d'eau aux bornes-fontaines concédées ou affermées à des habitants, à des associations ou à des comités de quartier revêt en général les mêmes caractéristiques structurelles que la revente privée. A ceci près que le contrat de gestion déléguée la "formalise", elle relève elle-même largement du secteur informel et possède aussi cette fonction régulatrice d'adaptation à la pénurie.

Ce résultat justifie a posteriori notre choix de classer la revente sous contrat d'exploitation déléguée au sein du même système que celui dont relève la revente privée et que nous appellerons "redistributif".

Notre étude s'étend à l'analyse du choix des modalités contractuelles et tarifaires ainsi que des mesures d'accompagnement et d'incitation propres à assurer le succès des opérations de gestion déléguée en fonction des divers objectifs qui peuvent leur être assignés dans différents contextes.

Après avoir analysé l'économie des systèmes de distribution "sociale" de l'eau dans la première partie puis l'économie des systèmes de redistribution dans la seconde, il nous reste à imaginer une nouvelle approche de la planification et de la conception des réseaux de distribution prenant en compte les limites du premier système et les potentialités du second.

Les méthodes de prévision de la demande nous ont d'abord semblé devoir être questionnées (*chapitre VII*). A peu près fiables dans le cas de la desserte par branchements individuels d'une zone à l'urbanisation contrôlée et maîtrisée, elles semblent donner des résultats beaucoup plus incertains lorsque la desserte collective ou semi-collective

devient prépondérante, et tendent alors à surestimer la demande totale.

Après avoir analysé chacune des variables explicatives de la demande, notamment les revenus, les tarifs et la distance au point d'eau -les principales en cause pour les systèmes redistributifs-, nous discuterons de la validité des modèles statistiques de la demande. Nous mettrons en évidence les difficultés inhérentes aux méthodes d'ajustement de la demande à des variables telles que la population et ses nombreux paramètres descriptifs. Nous montrerons pourquoi elles viennent souvent ôter toute significativité aux modèles de prévision.

A l'aide des outils de l'analyse économique spatiale, nous jetterons en revanche les bases d'une modélisation différente de la demande, inexplorée jusqu'ici (*chapitre VIII*). Les modèles développés constituent une première tentative de mise au point d'outils analytiques de prévision:

- de la demande de service redistributif (collectif: bornes-fontaines payantes; ou domiciliaire: livraison à domicile);
- des revenus des opérateurs (sociétés distributrices, revendeurs de voisinage, gérants des bornes-fontaines et transporteurs-livreurs);
- du surplus des usagers des services redistributifs.

Ils permettent d'en mesurer la sensibilité aux paramètres de décision que sont les tarifs de revente et le nombre de bornes-fontaines installées.

Ils constituent un outil de planification et d'optimisation économique (choix des tarifs de revente et du nombre de points de revente maximisant le surplus global des producteurs et des consommateurs) aptes à prendre en compte tant les relations de concurrence / complémentarité entre les divers modes d'approvisionnement des ménages à faibles revenus (y compris les puits privatifs), que les rapports coûts-distances qui les caractérisent et qui déterminent les comportements de la majorité de ces ménages.

L'optimisation économique des réseaux de distribution implique non seulement le choix d'un niveau de desserte et d'un tarif optimaux - ce que les modèles précédents peuvent aider à atteindre -, mais aussi de planifier les investissements d'expansion du réseau. La question se pose en effet de savoir si l'on doit construire directement un réseau calibré pour les

besoins à satisfaire à l'horizon de planification, ou bien en plusieurs étapes de capacité réduite. Le phasage optimal est celui qui minimise le coût total actualisé des investissements.

Pour les canalisations d'amenée de l'eau et pour les autres équipements d'un réseau d'adduction d'eau potable (pompage, traitement, stockage), des modèles de choix des dates et capacités optimales d'expansion ont été développés. En revanche, aucun modèle pertinent n'existe à notre connaissance pour les réseaux de distribution. Le problème d'optimisation est en effet plus difficile à résoudre. Plusieurs facteurs d'économie d'échelle doivent être considérés simultanément, différents pour chacune des variables suivantes: consommation spécifique, population, aire à desservir, nombre de points d'eau et facteur de pointe. Grâce au recours à des modèles de réseaux arborescents simples, nous élaborons dans le dernier chapitre (*chapitre IX*) un modèle d'optimisation du phasage des réseaux ramifiés.

Ce modèle aboutit au choix des alternatives (1 ou plusieurs phases) et des dates optimales d'extension ou de densification des réseaux en fonction de la loi attendue de progression de la demande, du retard initial de l'offre sur la demande et du taux d'actualisation.

Les pays concernés par cette étude sont essentiellement ceux de l'Afrique Noire francophone.

En 1985, une série de missions effectuées dans le cadre d'une recherche financée par le Plan Urbain sur le thème de "l'alimentation en eau potable des populations urbaines à faibles revenus" nous a permis d'étudier quatre cas:

- Lomé (TOGO);
- Korhogo (COTE D'IVOIRE);
- Pointe Noire (CONGO);
- Libreville (GABON).

Il s'agissait de rassembler les données indispensables au diagnostic de l'approvisionnement en eau des ménages pauvres de ces villes situées dans les zones tropicale (Côte d'Ivoire et Togo) et équatoriale (Congo et Gabon) du continent africain:

- observations de terrains;

- données démographiques et socio-économiques (y compris sur l'habitat, le logement, les revenus, les modes d'approvisionnement en eau et l'usage domestique de l'eau, etc.) provenant des derniers recensements nationaux et de diverses enquêtes-ménages;

- données relatives au fonctionnement du secteur et aux institutions, aux réseaux d'AEP existants et projetés, aux tarifs pratiqués, à la gestion des abonnés, etc. collectées auprès des autorités compétentes (sociétés distributrices, ministères de tutelle) et des représentants locaux des entreprises, bureaux d'étude et bailleurs de fonds impliqués dans le secteur.

La participation à deux séminaires internationaux de formation organisés conjointement à Bamako (MALI) en 1985 puis à Ouagadougou (BURKINA FASO) en 1986 par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique, l'Institut d'Urbanisme de Paris et les Directions de l'Urbanisme malienne et burkinabè nous ont permis en outre d'étudier en détail les modalités de l'approvisionnement en eau dans ces deux capitales d'Afrique sahélienne.

Au-delà des différences notables (niveaux de vie, régimes politiques, climat, disponibilité des ressources en eau, etc.) qui font de chacun un cas spécifique, ces six terrains d'étude présentent plusieurs traits communs ainsi que plusieurs avantages du point de vue pratique et méthodologique pour la recherche menée ici:

- tous appartiennent à la zone Franc (l'unité monétaire est le Franc CFA¹, monnaie à parité fixe avec le Franc français);

- l'accès à l'information y est grandement facilitée par l'étroitesse et l'ancienneté des rapports politiques, commerciaux et culturels entretenus avec ces pays par la France;

- globalement, l'Afrique sub-saharienne se démarque des autres régions du monde en développement par un sérieux handicap économique, exacerbant la nature des problèmes liés à l'économie de l'eau et la rendant peut-être plus claire qu'ailleurs à déchiffrer;

- la physionomie urbaine est très largement semblable d'une ville à l'autre car l'urbanisation y suit un même modèle: on y habite partout de grandes parcelles que l'on densifie "horizontalement" par de nouvelles constructions

¹ 1 Franc CFA = 0,02 FF

de plein-pied. Il en résulte une faible densité de population urbaine, au contraire par exemple de l'Amérique Latine, et une gñande consommation d'espace.

PREMIÈRE PARTIE:

LA DÉCENNIE INTERNATIONALE
DE L'EAU POTABLE:

LE PARI PERDU DES BRANCHEMENTS POUR TOUS

*"There is some hope that with
the increased attention to cost
recovery, the problems are still
solvable"*

M. MUNASINGHE, 1988

chapitre I. LA DÉCENNIE INTERNATIONALE
DE L'EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT:
OBJECTIFS, MOYENS ET CONTRAINTES

A. LES OBJECTIFS DE LA DIEPA

Soucieuse d'éviter une crise majeure de l'eau vers la fin du siècle, l'Organisation des Nations Unies définit en 1975 le Programme pour la Conférence de l'Eau, ayant pour but d'inciter à mettre en place une planification régionale, nationale et internationale cohérente.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD) préparèrent alors un document pour atteindre l'objectif suivant: **fournir à tous l'eau potable et l'assainissement en 1990.**

La Conférence Internationale de l'Eau se tint à Mar Del Plata en 1977, et la **Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement 1981-1990 (DIEPA)** fut officiellement déclarée.

La Conférence Internationale de l'Eau suggérait 6 points fondamentaux pour une nouvelle approche:

- le développement des ressources humaines;
- l'installation sanitaire de base;
- la participation communautaire;
- l'évaluation des coûts réels d'une technologie adaptée aux conditions locales;
- le fonctionnement et la maintenance;
- la planification et la continuation de l'effort.

L'ambition des objectifs de la Décennie apparaît clairement sur le tableau I.1 où l'on a fait figurer les taux de dessertes urbaines et rurales visés par la DIEPA, les taux que

l'on relevait en moyenne à la veille de la décennie et ceux de 1970, dix ans auparavant¹.

tableau I.1 TAUX DE DESSERTE/ OBJECTIFS DE LA DIEPA (source: Banque Mondiale)

	EAU POTABLE					ASSAINISSEMENT				
	1970	1980	1985	obj ^f in ^{al}	1990 act ^e	1970	1980	1985	obj ^f in ^{al}	1990 act ^e
population rurale	13%	31%	42%	100%	61%	11%	14%	18%	50%	36%
population urbaine	65%	72%	77%	100%	88%	57%	54%	62%	80%	82%

Ces objectifs, ayant été fixés par les gouvernements eux-mêmes, avaient a priori plus de chance de se réaliser, et ce d'autant qu'un effort commun et global de développement serait entrepris, permettant de mieux sensibiliser les instances financières.

Après trois années, les Nations-Unies ont pourtant dû restreindre leurs ambitions quant aux objectifs initiaux de la DIEPA: pour atteindre ceux-ci, le programme devait pouvoir disposer chaque année de l'équivalent de 200 Milliards de Francs Français pour les investissements, auxquels il fallait encore ajouter les frais de maintenance des installations, évalués à 10% par an du montant des investissements.

Néanmoins, cette restriction des objectifs, qui eut lieu en 1982, n'affecta pas ceux de desserte en eau potable de la population urbaine, maintenus à 100%.

En 1985, l'Organisation Mondiale de la Santé dut se rendre à l'évidence: les statistiques collectées sur un échantillon représentatif de chaque région montraient, à mi-parcours de la décennie, que **la progression de la desserte n'avait que très difficilement compensé la croissance démographique**: globalement, 200 millions de personnes demeuraient, en 85

¹ Organisation Mondiale de la Santé International Drinking Water Supply and Sanitation Decade: Towards the Targets (an overview of progress in the first five years of the IDWSSD), p. 2

comme en 80, sans accès à l'eau potable¹. Aussi les objectifs de desserte pour 1990 furent-ils ramenés de 100% à 88% de la population urbaine (et même à 84% pour l'Afrique et l'Asie du Sud-Est), et à 61% de la population rurale.

B. LES INVESTISSEMENTS ENGAGÉS ET LEUR ORIGINE

Les investissements consentis dans le cadre de la DIEPA pour la création ou l'extension de réseaux africains d'alimentation en eau potable ont été considérables. Leurs montants et origines peuvent être appréciés à travers les résultats de l'enquête effectuée en 1985 sous l'égide de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau².

Organisations bilatérales et banques ou fonds de développement sont les deux types d'organismes principaux à l'origine des ressources extérieures de financement. Ceux que l'on retrouve le plus souvent impliqués dans le financement des projets de réseaux d'alimentation en eau potable en Afrique Noire sont:

- la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (BIRD), ou Banque Mondiale;
- la Banque et le Fonds Africains de Développement (BAD et FAD);
- la Caisse Centrale de Coopération Economique (CCCE);
- le Kreditanstalt für Wiederaufbau (KFW);
- le Fonds Européen de Développement (FED) et la Banque Européenne d'Investissement (BEI);
- les Fonds Arabes, provenant d'Etats Arabes.

Le profil de chacune de ces institutions, leurs objectifs, les types d'aides qu'elles octroient ainsi que les modalités de ces dernières sont présentés dans le tableau de l'annexe I.1.

¹ OMS, idem, p. 2

² Le marché des canalisations d'eau potable en Afrique dans le cadre de la Décennie de l'eau - UADE - Congrès de Libreville - 10-15 juin 85; Livre Blanc présenté par Pont-à-Mousson SA; pp 35 à 39

Les Etats africains qui ont répondu à l'enquête UADE ont été regroupés suivant les 4 grandes zones climatiques suivantes¹:

- a) zone méditerranéenne: Maroc, Tunisie;
- b) zone sahélienne: Burkina Faso, Mali, Niger, Sénégal, Djibouti;
- c) zone tropicale: Côte d'Ivoire, Togo, Guinée, Madagascar, Malawi, Nigéria, Sierra Leone;
- d) zone équatoriale: Congo, Gabon, Cameroun, Centrafrique, Zaïre.

Le tableau I.2 (voir page suivante) présente pour chacune de ces 4 zones, le montant total des projets d'alimentation en eau potable réalisés entre 1981 et 1984, et de ceux qui étaient prévus en 1985 pour la seconde moitié de la Décennie (85/90).

Précisons que l'enquête ne recensait que les projets d'un montant égal ou supérieur à 500 millions de Frs CFA et comportant des travaux de canalisations d'eau potable. Sur ce tableau figurent également le nombre total d'habitants desservis par un réseau d'AEP sous pression et le nombre d'abonnés faisant l'objet d'une facturation. Ces chiffres ne doivent être considérés qu'à titre purement indicatif: tant la notion de "desserte" que celle d'"abonné faisant l'objet d'une facturation" ont pu en effet être sujettes à des interprétations différentes.

Une première constatation s'impose quant au niveau de desserte des pays que nous étudions, appartenant tous aux zones sahéliennes, tropicales ou équatoriales: les taux de desserte moyens obtenus en 85 sur ces 3 zones (respectivement 15, 6 et 22%) sont inférieurs au taux de desserte rurale calculé en 80 pour la moyenne des pays en développement².

¹ il manque un ou plusieurs pays dans chacune des 4 zones, n'appartenant pas à l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau ou n'ayant pas répondu au questionnaire, mais chaque groupe forme un échantillon représentatif de la zone concernée

² voir tableau I.1 : 31% (en milieu urbain: 72%)

tableau I.2 DIEPA: MONTANT DES PROJETS DE RESEAUX D'EAU POTABLE ET ORIGINE DES FINANCEMENTS EXTERIEURS (en Milliards de Frs CFA - 1985)

zone EQUATORIALE	MEDITERRANEENNE	SAHELIENNE	TROPICALE	
montant des projets 1981-1984	136,0	8,6	66,15	32,9
états ou organismes financiers	BIRD KFW BAD FED KOWEIT ARAB.SAOUD.	KFW CCCE FED BOAD	BIRD KFW CCCE BAD INDE	BIRD BAD FAD CCCE BELGIQUE
montant des projets 1985-1990	124,5	29,6	158,2	120,3
états ou organismes financiers	BIRD KFW BAD 20% indéterm.	KFW FAD BIRD CCCE BOAD DANIDA 50% indéterm.	BIRD FED KFW BAD/BOAD CCCE 22% indéterm.	BIRD/KFW FED/CCCE BEI/JAPON BAD/FAD DANIDA ITALIE CANADA
population (1985- Millions d'habitants)				
. totale	28	26	124	48
. desservie	14	3,8	7	10,5
. abonnée	1,7	0,15	1,9	0,4

Ces chiffres sont également à rapprocher de ceux de l'OMS pour 85: avec respectivement 78 et 25% des populations urbaine et rurale desservies (contre 77 et 42 respectivement pour l'ensemble des P.E.D.), l'Afrique apparaît comme le continent le plus défavorisé; 3 habitants sur 5 n'y ont aucun accès à l'eau potable contre 2 sur 5 dans l'ensemble des autres pays en développement¹.

A mi-parcours de la Décennie, il s'agit donc d'une région du globe encore particulièrement en retard dans son niveau

¹ calculs effectués à partir du tableau figurant dans OMS, ibid, p. 2

d'équipement en réseaux d'AEP. Ainsi peut-on expliquer l'augmentation très sensible des projets prévus et soumis à financement en 85 pour la seconde moitié de la Décennie. Le montant total de ces projets est multiplié par 3,5 environ pour les zones sahélienne et équatoriale, et par 2,5 environ pour la zone tropicale, où il atteint le plus haut niveau des 3 zones, tant pour la première moitié de la Décennie que pour la seconde. Il faut observer que c'est précisément cette zone tropicale qui souffre du taux de desserte le plus bas.

La corrélation s'arrête là: en regard des besoins, on relève par exemple un niveau d'investissements (effectués en 81/84 ou prévus en 85/90) très faible pour la zone sahélienne et, a contrario, très fort pour la zone méditerranéenne.

L'endettement élevé - voire l'absence de devises - de certains Etats n'incite guère les bailleurs de fonds, en effet, à accroître sensiblement leurs interventions¹.

Si l'on procède au regroupement, non plus en fonction de leur destination mais de leur origine, de l'ensemble des prêts utilisés de 1981 à 1984 pour les réseaux d'AEP, on obtient, toutes zones confondues et selon les principaux organismes de financement, le tableau I.3 ci-dessous.

tableau I.3 TRAVAUX DE RESEAUX D'AEP 1981-1984: ORIGINE DES PRETS (en milliards de Frs CFA)

BIRD	42,9
BAD	14,5
FED	8,5
Prêts bilatéraux	47,5

En procédant à un autre regroupement, on constate que l'ensemble des prêts et financements européens atteint le montant de 46,6 milliards de Frs CFA, soit 47% du total sur l'échantillon étudié par l'UADE.

¹ Rappelons à cet égard que la zone sahélienne rassemble quelques-uns des pays les plus pauvres du globe.

Les enseignements qui ont pu être tirés de l'enquête UADE sur le degré d'autofinancement des projets d'AEP sont plus lacunaires.

Les quelques éléments qu'elle a pu extraire sont les suivants:

- il y a peu d'autofinancement pour les fournitures de canalisations;
- en revanche, les Etats réservent leurs capacités d'autofinancement pour les dépenses locales, donc pour la pose.
- globalement, le pourcentage d'autofinancement est d'environ 50% pour la zone méditerranéenne, 10% pour la zone tropicale, et 25% pour la zone équatoriale¹. Ces écarts reflètent en partie les écarts de PNB/habitant moyen sur ces zones.
- il a été également constaté des extrêmes de 0% pour des projets importants et de 100% pour des projets de faible ampleur.

Les domaines d'intervention en faveur du développement sont nombreux et tout aussi importants les uns que les autres. Ils absorbent une grande part des aides fournies par les organismes financiers internationaux. Des arbitrages doivent donc intervenir et le domaine spécifique de l'eau potable en pâtit au même titre que tous les autres domaines.

Dans les réponses à son questionnaire, l'UADE relève d'ailleurs un montant non négligeable de projets correspondants à des besoins réels mais n'ayant pas encore de financement assuré.

Le Livre Blanc de l'UADE note, d'après l'analyse des projets mis en appel d'offre dans la première moitié de la Décennie, qu'un laps de temps très variable, d'environ 5 ans en moyenne, s'écoule entre la recherche du financement et la concrétisation effective du projet par la livraison des canalisations et l'ouverture du chantier correspondant².

Il remarque par ailleurs que la longueur de ce délai, inhérent - entre autres raisons - au processus de financement, au mode de passation des marchés et au respect des règlements de

¹ Pour la zone sahélienne: chiffre non significatif

² idem ; p. 33

chaque Etat, n'a aucune raison d'être modifiée de façon significative dans le futur.

L'existence d'un tel délai mérite d'être soulignée car elle ne sera pas sans conséquence sur la planification des projets, et en particulier sur l'étude du phasage optimal que nous aborderons dans la dernière section.

C. LES PRINCIPALES CONTRAINTES

Nous entendons décrire ici la nature et l'ampleur des principales contraintes auxquelles se sont heurtés jusqu'ici les programmes et projets initiés dans le cadre de la DIEPA. Au terme de la Décennie, ces contraintes demeurent pour l'essentiel et nous verrons que toute tentative d'amélioration du secteur s'y trouvera encore confronté à court et à moyen terme.

Ces contraintes portent sur:

- (1) une demande en forte croissance dans les zones urbanisées;
- (2) la disponibilité des ressources en eau et leurs coûts de mobilisation croissants;
- (3) les ressources financières nécessaires à la satisfaction de la demande, et
- (4) l'adéquation des institutions du secteur, y compris du point de vue de la gestion opérationnelle et de la maintenance des équipements existants.

Les données chiffrées qui sont avancées dans ce chapitre sont extraites pour l'essentiel d'un rapport du Département des Infrastructures et du Développement Urbain de la Banque Mondiale¹.

1. Croissance démographique et couverture des besoins

Les données et projections effectuées par les Nations Unies et la Banque Mondiale ne prévoient pas de ralentissement net

¹ POULIQUEN Y. Major Issues in the Water and Sanitation Sector; Banque Mondiale; Infrastructure and Urban Development Department; Décembre 1988; 6 p.

de la croissance démographique d'ici à l'an 2000. Aux 3,4 milliards d'hommes peuplant les pays en développement en 1980 se sont ajoutés 600 millions d'individus au cours de la décennie qui s'achève. La prochaine décennie verra 800 millions d'hommes supplémentaires les peupler. Malgré un très faible fléchissement prévu pour le taux d'accroissement démographique des villes du Tiers Monde, la tendance à l'urbanisation continuera au cours des années 90, faisant passer la population urbaine des PED de 1,4 milliard en 90 à 2,1 milliards en l'an 2000 (contre 1 milliard en 1980) et sa part de la population totale de 35% à 43% (contre 29% en 1980).

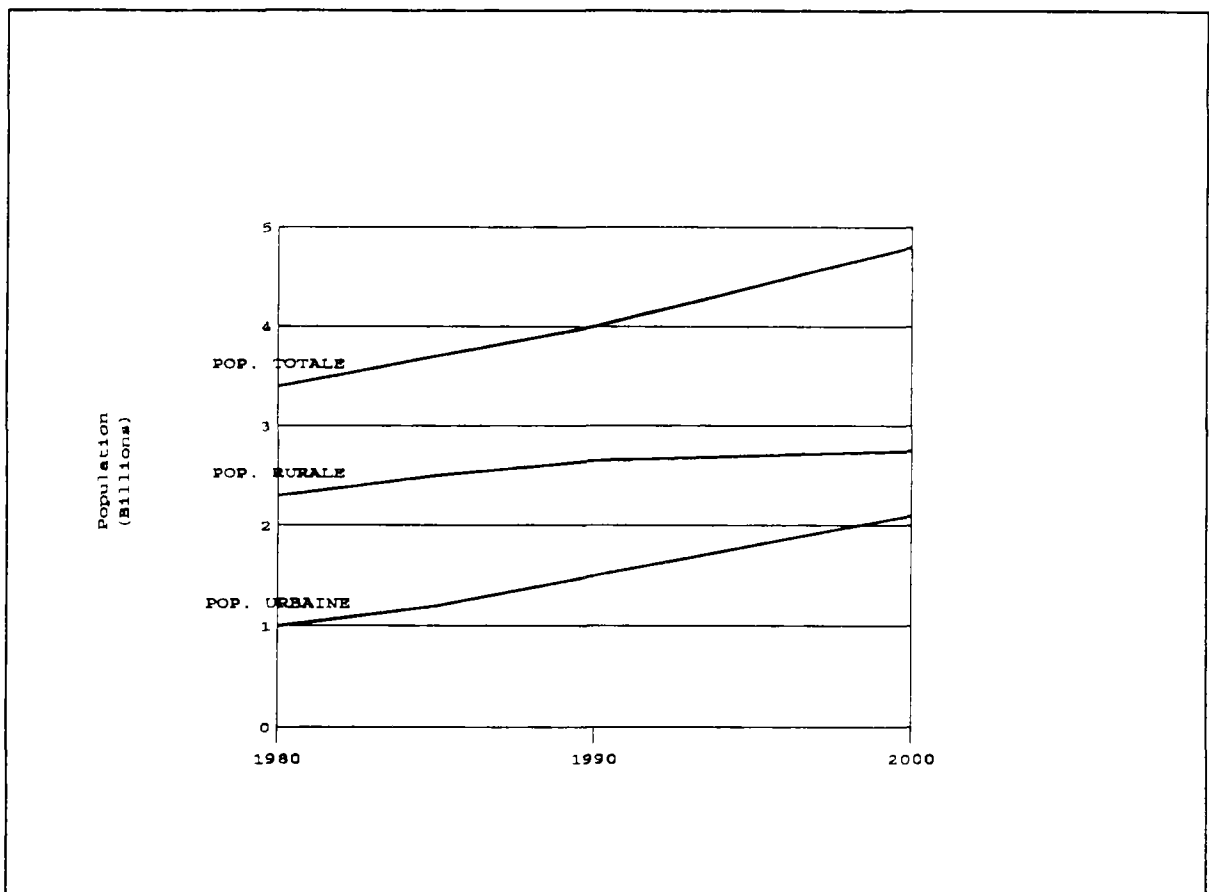


figure I.1 LA POPULATION DES PAYS EN DEVELOPPEMENT DE 1980 A L'AN 2000 (source: Banque Mondiale, 1988)

Le retard pris dans les équipements, une démographie en expansion et une très forte immigration intérieure vers les villes imposaient la programmation d'investissements énormes, à la fois pour faire face aux besoins des nouveaux habitants et pour résorber ce retard.

Comme nous l'avons vu plus haut, la plupart des pays en développement n'ont pas pu faire progresser de façon

significative le taux de couverture des besoins en eau potable entre 1980 et 1985.

Globalement, 200 millions de personnes demeuraient en 1985 comme en 1980 sans accès à l'eau potable.

Bien que les taux de desserte atteints en cette fin de Décennie ne soient pas encore connus, tout porte à croire qu'ils seront bien inférieurs à ceux que l'on escomptait.

Rappelons que l'objectif initial de la DIEPA était de 100% de ménages desservis en milieu urbain, que l'objectif réactualisé à mi-parcours (85) était de 88%. En 1988, la Banque Mondiale estimait que ce taux n'atteindrait guère que 68% en 1990 et 75% en 2000. Il semble donc jusqu'à plus ample information, que la situation s'est en fait dégradée puisque nous en serions revenus aux taux de desserte de 1972.

En milieu rural, le constat est à peine moins pessimiste. Les dernières estimations de la Banque Mondiale (1988) indiquent des taux de desserte prévisionnels de 42% en 1990 et de 50% en 2000. Là, la situation ne s'est pas améliorée depuis 1985 (42%) et les objectifs de la DIEPA font rétrospectivement figure d'utopie (100% de desserte prévue initialement, 61% après actualisation à mi-parcours).

Ainsi ramenées à des niveaux considérablement plus modestes, les taux de desserte annoncées par la Banque Mondiale pour l'horizon 2000 imposent malgré tout de mobiliser d'énormes quantités d'eau additionnelles, dont il n'est pas inintéressant de donner l'ordre de grandeur.

Compte-tenu des consommations moyennes par tête enregistrées par l'Organisation Mondiale de la Santé dans son rapport à mi-parcours de la DIEPA, ces volumes supplémentaires peuvent être évalués à 49 milliards de mètres cubes par an d'ici 2000 pour la consommation et à 75 milliards de m³ par an pour la production¹. De plus, il est probable que la poursuite de l'urbanisation s'accompagnera d'une industrialisation et donc d'un accroissement de la demande d'origine industrielle. Si l'on fait l'hypothèse que la croissance des demandes domestique et industrielle en PED tendra vers leurs parts actuelles de la demande totale en eau dans le monde, les besoins industriels supplémentaires à pourvoir en PED représenteront un volume approximatif de 250 milliards de m³ par an d'ici à l'an 2000.

A titre de comparaison, cela signifie que les besoins domestiques et industriels des seuls PED exigeront en l'an 2000 des prélèvements d'eau additionnels équivalents aux

¹ en tenant compte d'un niveau de perte moyen type de 20%

volumes totaux prélevés en 1980 pour tous les usages principaux par l'Europe entière et le Japon réunis.

2. Les contraintes sur la ressource

La possibilité d'étendre la desserte pour répondre à cette demande immense dépend bien sûr fortement des coûts de mobilisation et de distribution de l'eau. Ces coûts, à leur tour, dépendent de la disponibilité et de la qualité des ressources en eau.

Même si, globalement, il n'y a pas de pénurie, les ressources utilisables ne sont pas distribuées géographiquement de façon égale ou proportionnelle aux besoins. Il existe ainsi, dans toutes les régions du globe, des situations localisées de pénurie grave. La Banque Mondiale observe que le problème de la croissance des coûts de mobilisation des ressources se pose virtuellement dans toutes les grandes villes des pays emprunteurs. Ces villes ont logiquement utilisé d'abord les ressources en eau les plus immédiatement disponibles à moindre coût. Au fur et à mesure que la demande en eau augmentait, la qualité de ces ressources s'est dégradée et il est devenu nécessaire d'entreprendre ou d'envisager des traitements additionnels ou des projets de prélèvement à des distances plus éloignées de la demande.

Des problèmes analogues affectent souvent les villes plus petites ainsi que les zones rurales relativement denses. De plus, peu de pays ont vraiment exploré les possibilités de réutilisation ou de recyclage des eaux usées qui permettraient de diminuer la pollution des ressources et de faire face à moindre coût à l'augmentation des besoins, pour l'irrigation notamment.

Le problème de l'augmentation des coûts marginaux à long-terme qui résulte de cette situation préoccupe depuis longtemps les responsables du secteur. Les cas les plus frappants sont ceux des grandes villes à croissance rapide. Mexico par exemple où l'eau doit être refoulée sur une hauteur de plus de 1000 mètres; Lima où la pollution des eaux a provoqué une hausse d'environ 30% des coûts de traitement; Shangaï, où les sources de prélèvement ont dû être déplacées à plus de 40 kilomètres en amont pour un coût de 300 millions de dollars et où de nouveaux sites d'exhaure sont déjà projetés à des distances plus grandes encore; Amman où les travaux les plus récents visent à refouler l'eau sur plus de 1200 mètres à partir d'un site localisé à 40 kilomètres de la ville; à Ouagadougou, où il est envisagé de faire face à l'augmentation des besoins par la construction d'un barrage situé à 50 km.

Les exemples pourraient être multipliés. Il est clair que tous ces projets, qui provoqueront une hausse importante des coûts d'exploitation, ne pourront voir le jour qu'au prix d'une augmentation substantielle des charges supportées par l'utilisateur.

Un problème connexe est celui de l'arbitrage entre les demandes concurrentes en eau de part et d'autre des frontières nationales et entre les différents usagers à l'intérieur même d'un pays donné. Les principaux usages en concurrence sont ceux de la consommation domestique, agricole (irrigation) et industrielle. En termes de volumes, la demande agricole est normalement la plus importante: 73% en moyenne dans le monde. La demande industrielle vient ensuite avec 21% de la demande totale puis la demande domestique avec 6%. Ces ratios varient suivant les pays et les régions, de même qu'ils dépendent du niveau de développement.

Dans la plupart des cas, la gestion de ces usages concurrentiels se fonde sur une allocation complexe de droits d'usage qui tendent à inhiber toute tentative de réallocation lorsque les priorités changent ou lorsque l'eau disponible devient insuffisante pour satisfaire la demande de tous. Cette situation pose un problème classique de coordination et d'arbitrage entre les institutions publiques et privées et entre les multiples usagers qu'elles servent. Le plus souvent, ce manque de coordination se trouve exacerbé par l'absence de politique tarifaire économiquement fondée. Lorsqu'une politique tarifaire existe, elle est très souvent incohérente et ne se fonde pas nécessairement sur la demande, pas plus que sur les coûts de fourniture du service.

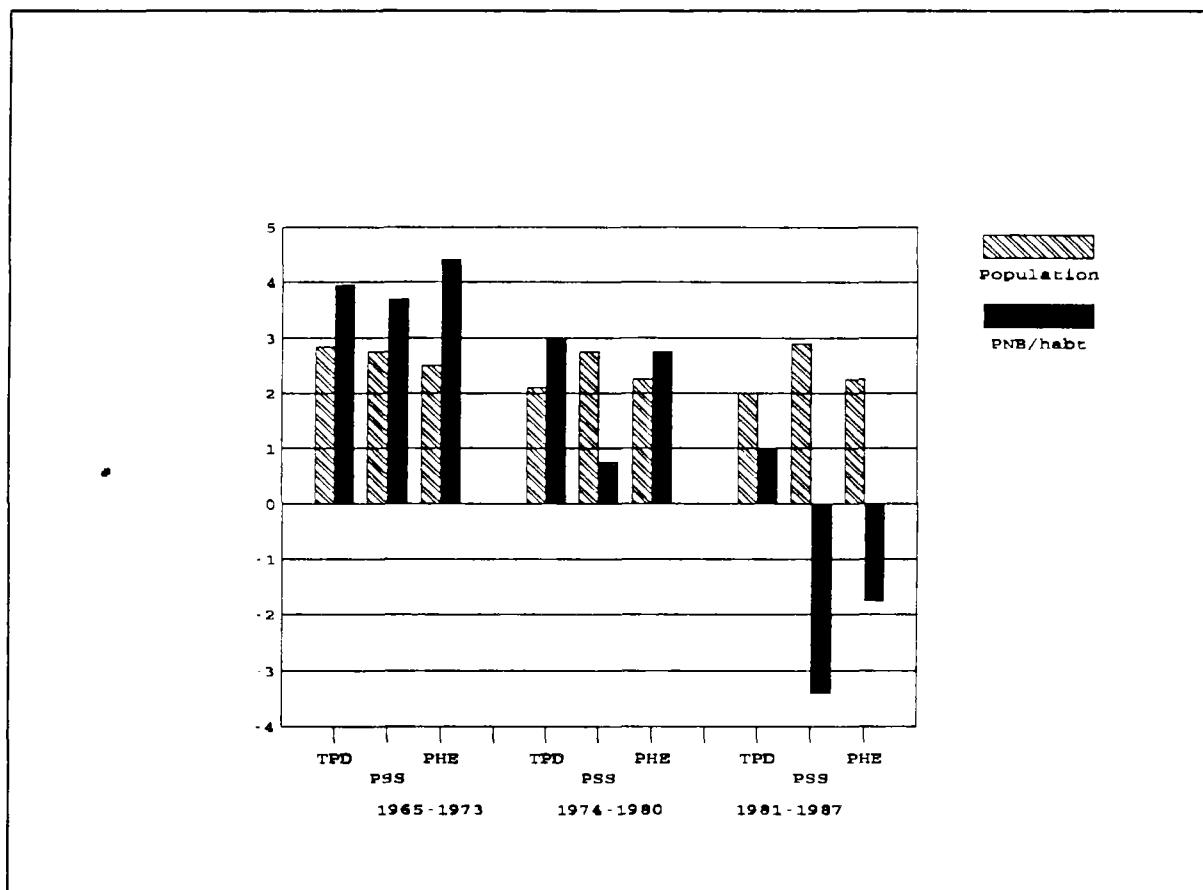
3. Les contraintes financières

Si l'on excepte quelques pays de la région du Sud-Est asiatique, la croissance économique demeure lente dans l'ensemble des pays et le revenu réel par tête stagne ou décroît. L'investissement public marque le pas un peu partout. De plus, la part du produit national brut disponible pour l'investissement décline.

Les efforts d'ajustement se sont concentrés sur le secteur des biens commercialisables et sur le contrôle des dépenses publiques. L'inflation demeure forte dans de nombreux pays et les taux d'intérêt réels et nominaux, volatiles. La diminution des revenus réduit la capacité des usagers à payer, tandis que l'augmentation des coûts et le rétrécissement des investissements réduisent la capacité des Etats à fournir des services.

Ces contraintes d'ordre macro-économique sont particulièrement fortes en Afrique Noire et dans les pays lourdement endettés en Afrique (Côte d'Ivoire et Nigéria surtout) et ailleurs.

Le graphique de la figure I.2, établi par la Banque Mondiale en 1988, met en relief la gravité de la situation relative de l'Afrique sub-saharienne et sa dégradation progressive depuis 20 ans.



TPD = Ensemble des Pays en Développement

PSS = Pays Sub-sahariens

PHE = Pays hautement endettés

figure I.2. TAUX DE CROISSANCE DE LA POPULATION ET DU PNB PAR HABITANT DEPUIS 1965 (source: Banque Mondiale)

La rigueur économique pèse donc de façon très différente suivant les régions du monde en développement. De 1980 à 1987, la croissance annuelle moyenne du PNB par habitant a été faible dans les pays développés (0,8%), fortement positive en Asie (4,7%), mais s'est établie à des scores négatifs en Amérique Latine (-1,2%) et en Afrique sub-saharienne (-3,4%).

La figure I.2 montre que l'Afrique Noire cumule le double handicap du plus fort taux d'accroissement démographique et du plus fort recul du PNB par tête depuis 20 ans parmi les régions en développement.

Ces indicateurs macro-économiques globaux ne pèseraient pas si lourd sur le développement du secteur de l'eau si les performances financières des institutions du secteur étaient bonnes. Malheureusement, leurs résultats financiers sont généralement faibles, voire mauvais, et le recouvrement des coûts décevant.

Cette faiblesse tient à plusieurs facteurs. Du côté de la demande: au ralentissement du rythme de raccordement et des ventes d'eau, auxquelles s'ajoute un fort pourcentage d'eau non facturée par rapport aux volumes produits. Du côté de des coûts: à l'incapacité de la plupart des distributeurs à maintenir les coûts d'exploitation dans les limites prévues.

4. Les problèmes de maintenance et de gestion

Les problèmes d'exploitation et de maintenance des réseaux d'eau et d'assainissement sont peu-à-peu apparus comme les obstacles les plus préoccupants au développement du secteur. On remarque que la priorité est surtout accordée à l'extension des réseaux ou à la réalisation de nouveaux équipements et non pas à la maintenance des réseaux et équipements existants. Cette dernière fait l'objet d'une gestion médiocre et ne reçoit que peu de financements.

Les conséquences de cette situation sont nombreuses: une durée de vie plus courte des équipements, un besoin de renouvellement accéléré, une réduction de leur rentabilité, une fourniture intermittente et dégradée du service, limitant ainsi les bénéfices attendus des projets.

Il existe en revanche un large consensus pour reconnaître que la maintenance et l'entretien des installations doivent absolument être améliorés.

A titre d'illustration, on peut citer les résultats d'une étude de l'INWS. En 1988, cette étude estimait à 36% la

proportion de l'eau produite qui n'est pas comptabilisée dans les ventes. Aux tarifs actuels, ceci représente une perte nette de revenus de 40% pour les sociétés distributrices. Autrement dit, il faudrait une augmentation moyenne des tarifs d'environ 57% pour compenser le manque à gagner représenté par l'eau produite non facturée, voire de 120% si l'on retient l'hypothèse d'une élasticité de -0,2 de la demande par rapport au prix.

CONCLUSION

Ce premier chapitre a brossé un rapide portrait des principales contraintes qui pèsent sur le développement du secteur de l'alimentation en eau potable et qui se sont progressivement dessinées avec davantage de netteté au cours de la DIEPA. Les investissements consentis dans le cadre de cette Décennie n'auront pas suffi à combler l'énorme inégalité des populations du "Nord" et du "Sud" dans le domaine de l'accès à l'eau potable, ni même à faire régresser de façon significative le nombre de personnes privées de ce service fondamental. "Nous sommes encore loin du compte" écrivait C. LEFROU dans l'éditorial d'HYDRO PLUS en novembre 89. Les contraintes macro-économiques -sur lesquelles nous avons tout particulièrement insisté- expliquent sans nul doute pour une grande part ces résultats décevants.

A New Delhi, une conférence mondiale organisée par le Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD) dressera fin 1990 un bilan approfondi de la DIEPA et définira de nouveaux objectifs, puis l'Assemblée Générale des Nations-Unies aura à débattre d'une résolution issue de ces travaux. Comme il y a tout lieu de s'attendre à une poursuite:

- de la pression de la demande;
- de la hausse des coûts de mobilisation des ressources naturelles;
- et de la pénurie des ressources financières,

on peut donc penser que les Nations-Unies mettront l'accent sur la nécessité d'une plus grande prudence dans la planification des investissements et d'une optimisation de l'usage et de la gestion des réseaux existants. Ces dernières années, l'insistance avec laquelle les bailleurs de fonds ont, à chacune de leurs consultations annuelles, rappelé aux distributeurs toute l'importance qui doit être accordée au recouvrement des coûts montre à l'évidence que le recours aux

prêts et aides extérieurs sera de plus en plus difficile et que le secteur devra davantage compter à l'avenir sur les revenus générés par ses activités pour financer ses investissements.

Les pays d'Afrique sub-saharienne risquent de ressentir plus cruellement que d'autres ce relatif désengagement des principaux bailleurs de fonds. Ce sont en effet ces pays qui, nous l'avons vu, cumulent les plus lourds handicaps, tant vis-à-vis de la croissance de la demande et du retard pris que vis-à-vis des conditions économiques globales.

chapitre II. LES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU ET LEURS INSTRUMENTS

INTRODUCTION

A l'occasion de l'élaboration de schémas directeurs d'alimentation en eau potable sur leurs principaux centres urbains, nombreux sont les pays d'Afrique Noire ayant adopté ou mis à l'étude une politique "sociale" de l'eau destinée à faire bénéficier de raccordements individuels les ménages aux ressources modestes.

Avec l'extension et la densification des réseaux d'AEP autorisées par l'octroi de prêts importants, on a cru qu'il suffirait de quelques mesures incitatives - techniques, financières et tarifaires - pour permettre à tous les ménages de bénéficier rapidement d'un branchement à domicile.

Parmi ces mesures figurent notamment:

- la poursuite de l'**abandon des bornes-fontaines gratuites**;
- l'aménagement de **facilités de paiement pour l'acquisition de branchements** (branchements à crédit);
- des **subventions de l'Etat et/ou des Communes** permettant la prise en charge partielle ou totale des raccordement des ménages aux revenus faibles et, parfois, des extensions destinées à les desservir;
- l'adoption de **branchements-types à faible coût**;
- l'aménagement d'une **structure tarifaire progressive comportant une tranche de consommation faible**, souvent dénommée "tranche sociale", facturée à un prix inférieur au coût économique ou tarif moyen d'équilibre et, par conséquent, subventionnée par les ménages fortement consommateurs.

Dans le présent chapitre, nous allons exposer tour-à-tour le principe de ces différents instruments, le contexte et les modalités de leur application dans divers cas concrets. L'exposé des politiques sociales de l'eau menées en Côte d'Ivoire et au Sénégal, notamment en matière de branchements subventionnés, sera quelque peu détaillé du fait de leur

ancienneté dans ces deux pays, des ajustements qu'on a été amené à leur faire subir en fonction de leurs résultats, des enseignements, enfin, que l'on peut en tirer.

L'impact de ces politiques sur les pratiques d'approvisionnement en eau des ménages, c'est-à-dire aussi la mesure de leurs performances vis-à-vis de leurs objectifs, sera abordé dans le chapitre suivant.

A. LA POURSUITE DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES" ET L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX MODES D'EXPLOITATION

Nous entendons par "classiques" les bornes-fontaines installées depuis plusieurs dizaines d'années dans les pays étudiés, où l'eau est délivrée gratuitement aux usagers et dont la conception technique et les grands principes de gestion ont peu évolué jusqu'à leur remise en cause vers la fin des années 70.

1. Les bornes-fontaines "classiques"

Techniquement, ces bornes-fontaines relèvent toutes peu ou prou de l'un des quatre grands types suivants:

- *BF de type "standpipe"*: ce type est le plus rudimentaire puisque le tuyau sort de terre, généralement soutenu par un tuteur quelconque. Ces bornes-fontaines sont évidemment fragiles et rapidement détériorées. Elles conviennent surtout pour un usage temporaire et provisoire;

- *BF à corps de béton*: le corps de béton, caractéristique commune de ces BF, peut être plus ou moins important, comporter un nombre de robinets variable (entre 1 et 4 généralement). C'est le type le plus fréquemment rencontré. Il présente l'inconvénient principal de conduire à des gaspillages lorsqu'un fontainier n'est pas constamment présent pour s'assurer que le robinet est refermé après usage. Pour éviter ces gaspillages sont apparus deux types d'améliorations dans cette catégorie: des robinets de type PRESTO, ainsi que des BF à réservoir, flotteur et manivelle;

- *BF de type "siphonoïde" ou "à siphon"*: couramment employée dès la fin des années 70, elle se caractérise par des tubes de prise plongeant dans l'eau maintenue à

niveau constant à l'intérieur de la cuve par un système de flotteur. Chaque utilisateur, muni d'un mètre ou deux de tuyau en caoutchouc, branche celui-ci sur un des 4 tubes de prise et l'amorce par succion. Son récipient une fois plein, l'utilisateur débranche son tuyau. Bien qu'indéréglable et économique au fonctionnement, il a l'inconvénient d'être coûteux à l'investissement et a souvent été dénoncé comme anti-hygiénique.

- *BF à corps de fonte et à volant ou bouton-poussoir*: fabriquées en Europe depuis très longtemps, de prix élevé et très fragiles, ces BF ont presque toutes disparues.

2. Un mode de gestion inadapté

En France comme dans la plupart des pays développés, il est de jurisprudence constante que la distribution d'eau aux bornes-fontaines est un service public que l'on ne saurait individualiser en faisant payer une taxe à leurs utilisateurs¹. Aussi les dépenses d'eau servie aux bornes-fontaines relèvent-elles des dépenses générales de la Commune, payées sur ses ressources générales (centimes additionnels). Ce mode de gestion des bornes-fontaines a perduré dans les anciennes colonies françaises et s'est avéré un héritage lourd à assumer avec l'explosion urbaine des années 70.

Les contribuables ne font en effet pas toujours le lien entre les taxes communales qui leur sont imposées et l'objet de ces taxes. Cela provoque, ou du moins entretient, l'idée que l'eau est un bien gratuit et que sa distribution est un service lui-même gratuit.

Il s'y ajoute un second type de difficulté, plus spécifique aux pays en développement : le faible taux de recouvrement par les Municipalités de leurs taxes directes.

Le cas d'Ebolowa (Cameroun) est significatif.

Lors de la création du réseau en 1956 et de ses 16 bornes-fontaines, la Commune a opté pour ce mode de contribution directe. Les chefs de quartier étaient chargés de distribuer les tickets de taxes (et des autres impôts perçus sur rôle) et d'en récolter le produit, le tout sous contrôle du Sous-Préfet. Le principe semblait pertinent puisqu'il s'appuyait sur l'organisation traditionnelle du pouvoir dit *coutumier*. Mais

¹ ROURE J. Les bornes-fontaines en milieu tropical africain, In Informations et Documents, BCEOM, n 10, 1973, pp. 15-26

les chefs de quartier se sont vite montrés réticents à collaborer, en invoquant deux arguments principaux. Le premier, souvent justifié dans les faits, était l'inexistence d'un réel service public de distribution d'eau; le second qu'ils ne touchaient aucune remise ni ristourne sur le produit de ces taxes.

Il en résulta que les prévisions de recettes n'étaient jamais atteintes. A titre d'exemple, les taxes effectivement perçues au cours de l'exercice 72/73 ne représentaient que 28% seulement des quelque 3 Millions de Frs CFA dépensés par la Commune pour les BF et l'éclairage public¹.

Avec l'afflux de ménages pauvres augmentant les volumes consommés aux BF, les Municipalités se sont progressivement trouvées confrontées à des difficultés de plus en plus aiguës pour s'acquitter de leurs factures d'eau. Les sociétés distributrices furent à leur tour placées en difficulté sous le double effet de la croissance rapide de ces créances, parfois irrécouvrables, et de la quasi-stagnation des abonnements domestiques.

La Commune d'Ebolowa, invoquant le gaspillage, finit par fermer 18 des 21 bornes-fontaines de la ville entre 78 et 80.

Plus souvent, les sociétés distributrices choisirent délibérément de ne pas réparer celles qui tombaient en panne, malgré le faible coût d'entretien annuel de ces équipements classiques².

C'est ainsi que fut presque partout laissé peu à peu à l'abandon le parc parfois important des points d'eau collectifs hérités des systèmes coloniaux d'AEP.

3. L'abandon des bornes-fontaines "classiques"

A Lomé par exemple, seules 85 bornes-fontaines fonctionnaient encore en 1981 parmi les 156 implantées au total pendant le développement du réseau, et 26 avaient même totalement disparu.

¹ MOREL A L'HUISSIER A. La gestion des équipements collectifs à Ebolowa (Cameroun) Travail de Fin d'Etudes, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Paris, 1982, p. 89

² entre 110 000 et 125 000 Frs CFA par an en moyenne suivant les pays d'Afrique ayant répondu au questionnaire UADE/SEEG dans le cadre de l'élaboration du Livre Blanc Les bornes-fontaines en Afrique

Abidjan comptait plusieurs centaines de bornes-fontaines avant le lancement du Programme National de l'Hydraulique en 1973. On n'en recensait plus qu'une douzaine dans la métropole ivoirienne en 1983.

A Pointe Noire, 50 bornes-fontaines étaient en service en 1967, 41 en 77 et 4 en 1980.

L'abandon dont ont été victimes les bornes-fontaines "classiques" se poursuit au tournant de la décennie:

A Lomé, le nombre de bornes-fontaines en état de fonctionnement est passé de 85 en 1981 à 76 en 1984.

En atteste aussi le cas de Libreville, où l'on recensait en novembre 79 une centaine de bornes-fontaines en état de fonctionnement. En 1985, la capitale gabonaise n'en comptait plus que 52.

A Pointe Noire, 3 des 4 bornes-fontaines encore en service en 1980 ont disparu au cours des cinq années suivantes, cette disparition mettant un point d'orgue à un processus initié dès le début des années 70.

En revanche, on voit apparaître ici et là de nouveaux modes d'exploitation, que l'on peut classer en deux types principaux: *bornes-fontaines "automatiques"* d'une part, et *bornes-fontaines en gestion déléguée* d'autre part.

La description et l'étude des modes de distribution par bornes-fontaines concédées ou affermées seront entreprises dans la seconde section, consacrée aux systèmes redistributifs, au même titre que les bornes-fontaines privées ou que toute autre formes de revente d'eau potable, légale ou non, qui relèvent de ces systèmes.

4. L'apparition de bornes-fontaines "automatiques"

Des bornes-fontaines automatiques ont fait l'objet d'expérimentations en Côte d'Ivoire et au Congo. Bien que de conceptions légèrement différentes, ces équipements ont en commun leur principe: la délivrance d'une quantité d'eau préselectionnée après l'introduction d'un jeton ou d'une pièce de monnaie.

La Côte d'Ivoire a expérimenté à Abidjan une borne-fontaine de ce type, fabriquée localement par la SODECI et baptisée YACOLI (voir figure II.1).

La borne-fontaine YACOLI est constituée d'un réservoir sous pression alimenté par une tuyauterie depuis le réseau de distribution publique. L'introduction d'une pièce de monnaie et la manoeuvre d'un levier déclenchent l'ouverture d'un robinet qui délivre 25 litres d'eau. Son corps principal est en acier inoxydable.

En janvier 85, 45 bornes-fontaines de ce type étaient installées. Leur généralisation sur Abidjan était alors en cours et prévue à court-terme dans les villes de l'intérieur.


Au Congo, la Société Nationale de Distribution d'Eau (SNDE) a expérimenté une autre borne-fontaine automatique, importée celle-ci, baptisée POPUDEAU ou "Poste Public de Distribution d'Eau".


Comme l'indique un schéma explicatif sur la borne¹, reproduit sur la figure II.2, l'utilisateur introduit un jeton dans la fente située au-dessus de l'appareil puis pousse le levier qui déclenchera l'ouverture du robinet. Une fois que la quantité d'eau préselectionnée (une fois pour toutes) est écoulée, le compteur d'eau, par un système de levier, dégage la tige de fermeture du robinet actionnée par un ressort.

Le coût d'investissement de cette borne-fontaine s'élevait en 85 à 280 000 Frs CFA (pose comprise - 1985).

La SNDE avait l'intention de généraliser l'implantation des POPUDEAU sur la capitale congolaise et, éventuellement, sur les autres centres urbains ultérieurement.

¹ DIANZINGA F. L'Eau dans Brazzaville et le Service Public de l'Eau, p 241





SOCIÉTÉ DES COMPTEURS AFRICAINS.

**FABRICATION
DE BORNES FONTAINES AUTOMATIQUES**

Fabrication de compteurs d'eau
Commercialisation de matériel de branchement


Le SOCA s'est fixé comme objectif
la production de Bornes Fontaines YACOLI dont
les distributeurs d'eau d'Afrique ont besoin
pour leur développement et la gestion efficace,
dynamique et rentable de leur société.

La réalisation de ces Bornes Fontaines
sur le sol africain, permet les contacts
commerciaux les plus fréquents et les
plus rapides.

Le SOCA dispose d'un service
technico-commercial qui peut à tout moment,
sans engagement de votre part, se rendre chez
vous, pour analyser avec vous, vos problèmes
d'exploitation de ces Bornes Fontaines.

**DISTRIBUTEURS D'EAU D'AFRIQUE,
LA SOCA, VOTRE SEUL FOURNISSEUR!**

01 BP 1843 ABIDJAN 01
Tél. 32 04 33/45.32 00
Télex 3339 AMURAL



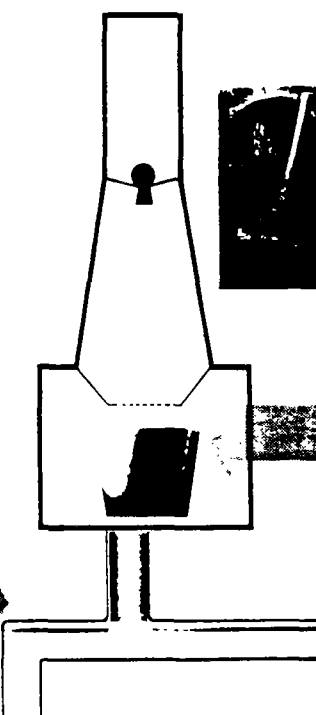
**eau potable...
UNE
NOUVELLE
IDEE**

**BORNE FONTAINE
YACOLI**

INSTALLATION DE BORNE FONTAINE

1. La Borne Fontaine Yacoli est
de conception simple, fiable, robuste et
nécessitant que peu d'entretien car
ses nombreux ustensiles sont interchangeables
et polyvalents à l'eau et à l'air.

2. a) L'installation d'une Borne
Fontaine Yacoli est possible en tout point
d'arrivée d'eau potable du réseau urbain.
b) La Borne Fontaine Yacoli bénéficie
d'une installation rapide (5 jours) et d'un
service après-vente efficace et rapide.



3. Il vous suffit d'introduire une pièce
de monnaie pour avoir 25 litres d'eau potable.

4. La partie supérieure de la Borne
Fontaine Yacoli (réservoir, réservoir tuyau de
sortie et monnayeur) est protégée par un
capot en acier inoxydable.

L'EAU

La Borne Fontaine Yacoli
c'est l'eau potable à la portée de tous.
La Borne Fontaine Yacoli
n'utilise aucune énergie sauf celle de l'eau
sous pression et celle du consommateur.

Pour adapter vos pièces de monnaie au monnayeur,
pas de problème un simple réajustage du monnayeur suffit.

figure II.1 SCHEMA D'UNE BORNE-FONTAINE YACOLI

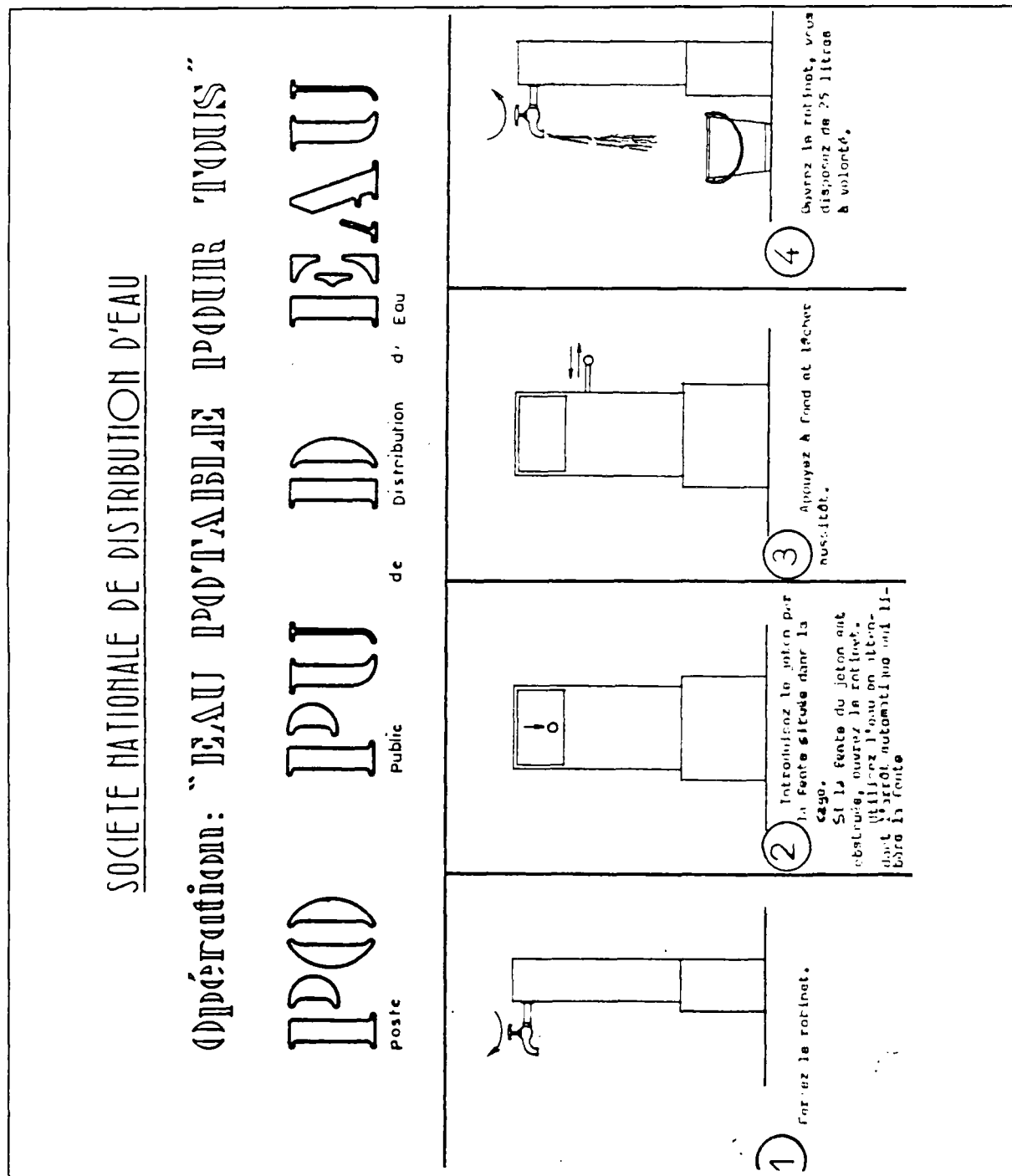


figure II.2 SCHEMA PLACE AU-DESSUS DU POPUDEAU (CONGO)

Des bornes-fontaines automatiques sont également développées hors d'Afrique. En Thaïlande, par exemple, un projet-pilote prévoit l'implantation de bornes-fontaines à piécettes¹. Quatre types d'ouvrages ont été mis au point et expérimentés. Le premier, conçu pour les zones suburbaines et les marchés, délivre l'eau directement aux récipiènts des usagers. Un Baht (soit 0,26 FF en 1988) donne droit à 100 litres d'eau.

Une unité d'urgence, possédant deux réservoirs de 2,5 m³ remplis par des camions-citernes, est utilisée dans les quartiers non desservis. L'unité de station balnéaire est semblable à l'unité normale, mais est en outre équipée d'une douche. Le quatrième type diffère enfin de l'unité normale par son débit plus élevé: il fournit l'eau en plus grandes quantités.

B. LES BRANCHEMENTS-TYPES À FAIBLE COÛT

Le diamètre, la nature des matériaux, la simplification, l'exécution par lots de plusieurs branchements après appel d'offre peuvent être les éléments de définition d'un branchement à moindre coût.

Un branchement, selon des prescriptions générales établies, comprend une canalisation d'amenée et des pièces spéciales situées entre la conduite de distribution et l'appareil de comptage au point de livraison de l'eau à l'utilisateur.

En général, un branchement comporte:

- la prise d'eau sur la conduite publique de distribution (par pièce spéciale ou par percement et collier de prise en charge);
- la canalisation du branchement proprement dit;
- au besoin, un percement de mur avec fourreau pour le passage de la canalisation du branchement à l'intérieur de la concession à desservir;
- le robinet d'arrêt situé avant compteur et à proximité immédiate de celui-ci;

¹ Provincial Waterworks Authority Coin-Operated Standposts, Rapport Final préparé pour GTZ, Research Division, Analysis and Evaluation Department, Thaïlande, 1989, 19 pages + 7 Annexes

- la pièce de raccordement de la canalisation du branchement au compteur;
- le compteur, placé soit sur une console, soit dans un regard ou autre coffret, le tout situé en principe à proximité de la limite des domaines public et privé;
- le robinet d'arrêt après compteur;
- éventuellement, un clapet anti-retour.

Le **diamètre** est généralement lié à la qualité de service que l'on souhaite atteindre. En effet, un branchement de faible diamètre pose des problèmes de pression insuffisante lorsqu'on utilise plusieurs points de prélèvement simultanément (cuisine, douche, lavoir,...). Dans le cas d'un branchement social, on peut considérer cet aspect du niveau de service comme secondaire, étant entendu que les bénéficiaires ne sont pas de gros consommateurs d'eau et que leurs habitations ne disposent que d'un nombre de points de prélèvement très restreint¹.

Aussi est-il admis à peu près partout que le branchement social doit avoir un faible diamètre: en général de 21/25, plus rarement de 25/32, et un compteur de diamètre 15 mm.

Les **matériaux** les plus souvent employés sont surtout l'acier galvanisé, puis le polychlorure de vinyle (PVC). Le polyéthylène, moins coûteux que les précédents, est déjà utilisé dans plusieurs pays².

La **longueur** du branchement-type varie suivant les pays (6 à 12 mètres en général).

Le schéma-type du branchement social réalisé par la SODECI (Côte d'Ivoire) est représenté sur la figure II.3 à titre d'exemple.

¹ le plus souvent, un robinet unique dans la cour de la concession, parfois un second au lieu de la toilette ou de la douche.

² Les bornes-fontaines en Afrique; *ibid*; par.4.2.1

BRANCHEMENT D'EAU SODECI

SCHEMA TYPE

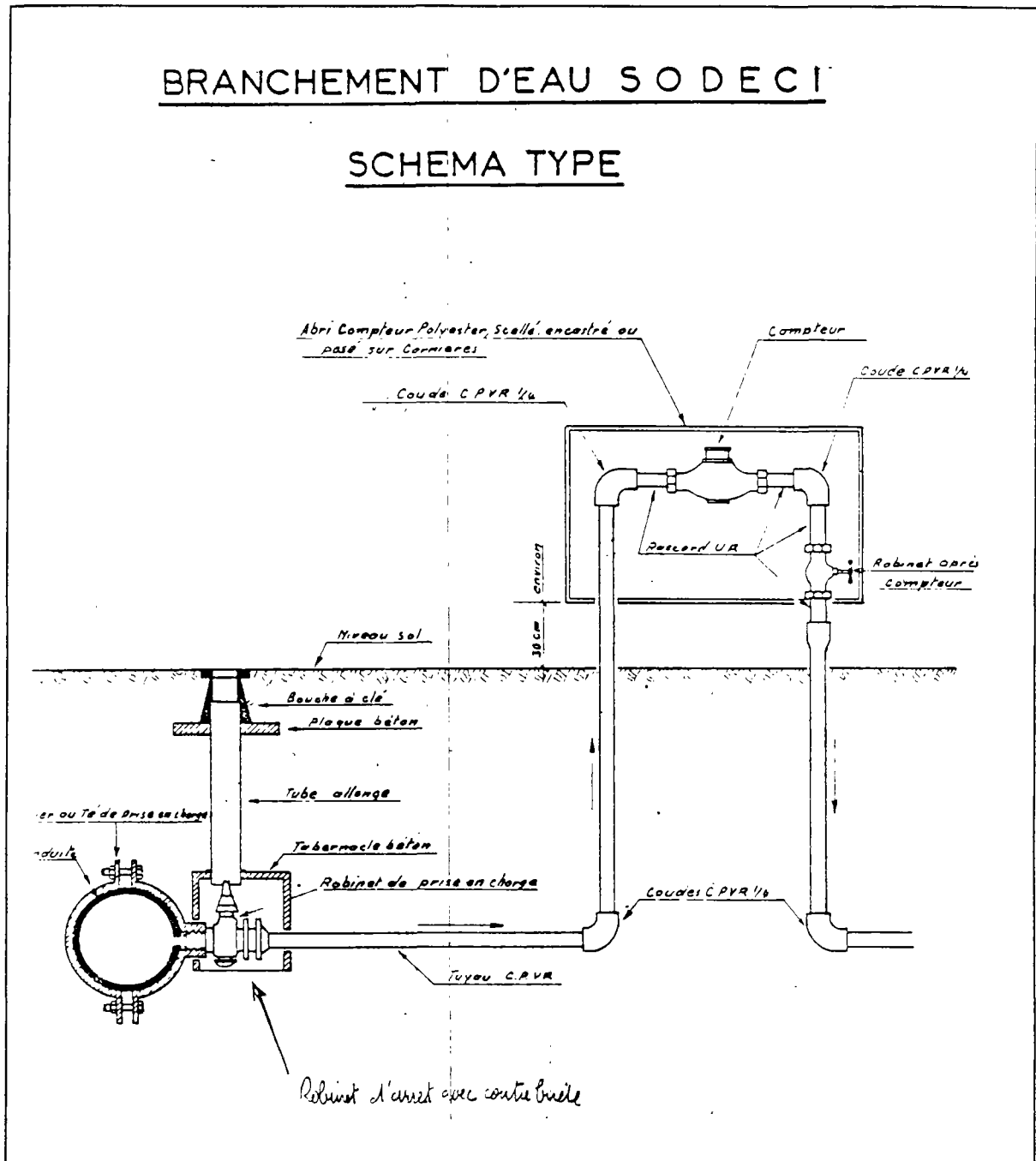


figure II.3 SCHEMA-TYPE DU BRANCHEMENT SODECI

Pour les 4 pays étudiés au cours de nos missions de 1985, le prix de revient moyen de ce type de branchement "minimal" et leur diamètre sont regroupés dans le tableau II.1 .

tableau II.1 PRIX DE REVIENT ET CARACTÉRISTIQUES D'UN BRANCHEMENT MINIMAL (Frs CFA -1985)

	diamètre	longueur max.	prix de revient
TOGO	21/25	10 m	89 700 F.CFA
CONGO	21/25	6 m	120 000 F.CFA
GABON	20/27	10 m	113 400 F.CFA
COTE D'IVOIRE	21/25	12 m	92 000 F.CFA

Le *prix de revient* est donc relativement homogène: il s'établit en moyenne en 1985 à 100 000 Frs CFA, plus ou moins 20 000 Frs CFA au maximum.

Diverses solutions ont été étudiées ici ou là pour diminuer ce coût, soit par une *simplification dans sa conception*, soit par un *blocage arbitraire de son prix*, soit encore par une *participation de ses usagers à la pose*.

Cette dernière solution est nécessairement limitée à quelques cas particuliers tels que celui de petites communautés organisées, religieuses ou associatives par exemple.

Parmi les aménagements techniques proposés, certains vont dans le sens de la suppression de telle ou telle pièce composant le branchement décrit plus haut.

Il s'agit notamment de la **bouche à clé** équipant la prise en charge (tabernacle, tube allonge, bouche à clé) et représentant typiquement 20% du coût total du branchement.

Comme le soulignait le Plan Directeur d'AEP de Lomé¹ et le rappelait le Livre Blanc des Bornes-Fontaines en Afrique², on est en droit de discuter l'utilité de ces équipements le long des voies non revêtues. En effet, le tube allonge s'y trouve bientôt rempli de sable ou de terre, et la bouche à clé, même placée dans un dé a béton, y est très rapidement déplacée au gré des mouvements de terrain. Elle finit par disparaître à la suite de quelque reprofilage ou reprise de la chaussée. On se rend compte qu'en cas d'intervention sur un branchement, une fouille est finalement toujours nécessaire pour accéder au robinet de prise en charge.

Les voiries non revêtues représentant en Afrique une part très largement majoritaire du linéaire total de la voirie urbaine, on conçoit que la suppression de cet équipement puisse permettre une *réduction très sensible du coût total d'une politique de raccordements extensifs, sans pour autant en sacrifier la qualité technique.*

Elle exige en contrepartie une *normalisation rigoureuse* des raccordements (branchements systématiquement perpendiculaires au mur ou à la limite de la concession, et prise en charge placée face au compteur) afin de ne pas compliquer la recherche du robinet de prise en charge en cas de nécessité d'intervention.

Les branchements peuvent aussi être réalisés suivant des lots groupés, soit intégrés dans les projets d'extension des réseaux, soit réalisés par une entreprise après appel d'offres.

Cette procédure de *regroupement des branchements* permet d'obtenir des prix intéressants par branchement compte-tenu du volume de travaux à exécuter.

Hormis ces quelques voies, aucune solution ne s'est révélée vraiment probante pour diminuer de façon significative le coût d'un branchement simple, et l'on ne peut parler pour l'instant de véritable *technologie appropriée, spécifique aux branchements sociaux.*

¹ SAFEGE Plan Directeur de l'Alimentation en Eau Potable de la Ville de Lomé, Ministère des Travaux Publics, des Mines, de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Lomé; mars 1982

² Les Bornes-Fontaines en Afrique, *ibid*

C. LES BRANCHEMENTS SUBVENTIONNÉS OU "GRATUITS"

Les branchements sont fréquemment qualifiés de "gratuits" lorsque l'Etat et/ou la Commune les subventionnent totalement, *généralement à partir de prêts extérieurs remboursés par une taxe sur le prix de l'eau.*

Les bénéficiaires ne payent alors que l'avance sur consommation¹ matérialisant l'abonnement et représentant une caution de garantie pour la société de distribution.

Avec l'expérience de la Côte d'Ivoire, on dispose d'un exemple riche d'enseignements et d'un recul apte à les fortifier puisqu'une politique de branchements sociaux "gratuits" y a cours depuis 1973, date du lancement du Programme National de l'Hydraulique par le Gouvernement ivoirien.

A l'origine, il s'agissait de branchements à usage domestique de diamètre 21/25, de compteur de diamètre 15 mm, et de longueur maximale de 6 m. Plus tard, celle-ci fut portée à 8 puis à 12 mètres depuis 82².

Le coût du branchement non supporté par le demandeur (environ 70 000 Frs CFA en 85) était en principe remboursé à la SODECI par le Fonds National de l'Hydraulique³, auquel est reversée la surtaxe "eau" perçue sur le tarif de l'eau potable à travers la facturation des abonnés.

Trois conditions étaient d'abord requises pour bénéficier de ces branchements⁴:

1^{ère} condition: le coût de la construction devait être inférieur ou égal à la valeur admise à la date de la

¹ ainsi que les frais de police et de timbre

² toute longueur supplémentaire restant à la charge de l'intéressé, auquel incombent en outre les frais divers d'abonnement

³ Le Fonds National de l'Hydraulique est une structure financière dépendant du Ministère de l'Economie et des Finances et gérant les surtaxes "eau"

⁴ Alimentation en eau potable, urbaine et villageoise, dans les centres de l'intérieur, Cahier des Charges d'Affermage, Ministère de l'Hydraulique, Abidjan, 24 juin 1974

demande pour une exonération fiscale, soit 3 millions de Frs CFA en 74.

2^{ème} condition: la construction devait être occupée par le demandeur, qui était obligé de souscrire l'abonnement en son nom;

3^{ème} condition: le branchement devait être individuel, c'est-à-dire ne pas appartenir à un lotissement collectif, genre opérations groupées des Sociétés Immobilières.

Par ailleurs fut institué à l'intention de ces catégories a priori modestes un tarif spécial -dit *tarif social*- sur une tranche dite elle-même *sociale* de 15 m³ par trimestre jusqu'en 1982, puis de 30 m³.

La première condition requise pénalisait sans doute de nombreux ménages propriétaires de logements relevant du type d'habitat dit évolutif.

Ces ménages, aux revenus faibles, construisent et améliorent en effet leur logement eux-mêmes (auto-construction) ou en faisant appel à des tâcherons, au rythme -nécessairement lent- que leur impose leur faible capacité d'épargne. La valeur de leur logement, après quelques années d'améliorations ou d'agrandissement successifs, peut être très élevée et apparemment sans commune mesure avec leurs revenus.

La seconde condition, quant à elle, pénalisait gravement les locataires.

Consciente de ces obstacles au raccordement de couches particulièrement modestes de la population, la SODECI, en accord avec l'Etat, a par la suite simplifié les conditions d'attribution des branchements sociaux, dits de plus en plus branchements "subventionnés" ou "gratuits".

Moyennant la production d'une attestation de propriété (lettre d'attribution, extrait topographique, permis d'habiter ou autorisation de construire) ou, pour les locataires, d'une autorisation de leur propriétaire, la SODECI réalise gratuitement ces branchements, ne faisant payer que les frais de police, l'avance sur consommation et les frais de pose du compteur si celui-ci n'est pas placé en même temps que le branchement est réalisé, soit au total 22 000 Frs CFA en 1985.

Le Fonds National de l'Hydraulique s'étant peu à peu trouvé confronté à une charge de remboursement très importante, il a été décidé par ailleurs en 1981 de faire payer les nouveaux branchements "sociaux" par tous les abonnés existants.

C'est ainsi qu'a été instituée une *taxe de raccordement incluse dans chaque facture* (1815 Frs CFA par trimestre en 1985), permettant de constituer une réserve destinée au financement des branchements "sociaux".

Au Sénégal¹, la Banque Mondiale a financé intégralement la fourniture du matériel pour l'exécution de branchements sociaux dans onze centres secondaires du pays. Ce programme, faisant partie d'un projet de réhabilitation et de densification des réseaux de distribution d'eau de ces villes², relève également d'une politique de branchements "gratuits".

La SONEES prévoyait néanmoins de faire supporter ses frais de main d'oeuvre par les bénéficiaires de façon à éviter la gratuité totale.

En dehors de ce programme, le Sénégal pratique depuis 1979 une politique de branchements sociaux, partiellement à crédit et partiellement subventionnés, qui fera ci-dessous l'objet de développements.

D. LES BRANCHEMENTS À CRÉDIT

Face à l'insuffisance des ressources des ménages (voir tableau II.2 ci-dessous) en regard du coût des branchements, nous avons vu qu'ont été mis en oeuvre deux types d'actions:

- l'adoption de branchements-types simples,
- et, dans certains pays, leur subvention par l'Etat, les communes et/ou les ménages déjà abonnés.

Une alternative, souvent complémentaire à cette dernière solution, consiste à aménager des facilités de paiement pour le demandeur. Dans la plupart des villes d'Afrique, en effet, le coût du raccordement représente pour la moitié de la population plus d'un mois de revenus, souvent plus de deux ou trois.

¹ SECK N. Rapport Général session n 2 Les Branchements Sociaux; Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; Libreville; 10-15 juin 85; p.11

² projet en cours d'exécution en 1985

C'est ce qu'illustre le tableau II.2 où l'on a fait figurer les revenus médians et du premier quartile, face au prix facturé à un ménage pour acquérir un branchement simple de type *social*.

tableau II.2 COUT D'UN BRANCHEMENT PAR RAPPORT AUX FAIBLES REVENUS A POINTE NOIRE ET A LOME (Frs CFA - 1985)

	Pointe-Noire	Lomé
revenus :		
. 1 ^{er} quartile	25 000	12 000
. médian	40 000	20 000
. SMIG	35 000	12 470
coût du branch^t minim^{al}:		
. en Frs CFA	124 000	85 000
. en mois de revenus	5 mois	7 mois
1 ^{er} quartile		
. en mois de revenus	3 mois	4 mois
médians		
. en mois de SMIG	4 mois	7 mois

La possibilité d'échelonner les paiements devrait donc a priori permettre à de nombreux ménages d'accéder plus aisément au branchement particulier.

La société distributrice réalise les branchements sur ses fonds propres et les bénéficiaires la remboursent sur plusieurs mensualités avec des taux d'intérêts financiers.

Si l'on désire ne pas faire supporter le coût du crédit aux bénéficiaires, il peut être consenti un crédit gratuit par subvention de cette partie du coût total du branchement.

Le plus souvent, on retrouve à l'origine de cette subvention, comme dans le cas d'une subvention totale des branchements sociaux examiné ci-avant: l'Etat, par accord avec une banque nationale par exemple¹; les communes, par un préfinancement des branchements; ou l'ensemble des abonnés, par un relèvement du prix de l'eau.

¹ voir infra page 51 : exemple d'un crédit gratuit de 2 ans envisagé au Congo en 85 dans le cas d'un accord avec la Banque Nationale de Développement du Congo.

Cette dernière solution passe par la constitution d'un "Fonds de branchement" alimenté par le tarif, permet d'accorder un crédit gratuit sur 3 ou 4 ans et se trouve volontiers proposée par les ingénieurs-consultants dans les études de tarification confrontées à un objectif de politique sociale des branchements¹.

A Lomé comme à Pointe Noire, des prêts importants ont été consentis par des organismes financiers internationaux dans le cadre de la DIEPA en vue d'engager de vastes et ambitieux travaux d'extension et de renforcement du système d'AEP. Il était prévu notamment de poser entre 1985 et 1991, 180 kilomètres de canalisations à Pointe-Noire et 155 kilomètres à Lomé, ce qui représente une augmentation du linéaire total du réseau de 50% et de 60% respectivement.

Soucieuses de rentabiliser ces installations au plus vite, les autorités ont donc décidé de mettre en oeuvre une politique de "branchements sociaux" fondée sur l'octroi de crédits aux demandeurs, ainsi que les bailleurs de fonds l'avaient suggéré.

C'est ainsi que:

-à Pointe-Noire, l'installation de 5000 "branchements sociaux" était prévue dès 85, puis 1000 à 2000 chaque année jusqu'à l'an 2000, horizon de planification retenu par le schéma directeur d'AEP². Un tel rythme de raccordements représente 2,5 à 5 fois la cadence constatée au cours des années précédentes;

-à Lomé, 5000 "branchements sociaux" devaient être réalisés entre 1985 à 1990, soit 1000 par an, alors que 400 à 500 branchements nouveaux seulement étaient installés en moyenne chaque année pendant la première moitié de la décennie³.

¹ voir GOUARNE V. "La pratique des études de tarification de l'eau dans les PVD", p. 550

² SAFEGE Alimentation en eau potable. Ville de Pointe-Noire. Schéma Directeur de Distribution d'Eau, Ministère de l'Energie et des Mines; Société Nationale de Distribution d'Eau. Brazzaville; 1984 - dossier 5.2

³ SAFEGE Plan Directeur de l'Alimentation en eau potable de la ville de Lomé; Ministère des Travaux publics, des Mines, de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Lomé; Mars 1982

En 1985, diverses possibilités étaient étudiées quant aux modalités d'attribution de ces branchements sociaux, tant au Congo qu'au Togo.

Ces études portaient sur les deux variables de décision suivantes:

(1) *le coût initial du raccordement pour l'utilisateur;*

(2) *la durée et le taux du crédit consenti à l'utilisateur.*

La détermination de leurs valeurs, liées entre elles, dépendait par ailleurs de contraintes extérieures, c'est-à-dire de variables exogènes dont les valeurs n'étaient pas encore connues:

-En premier lieu, *la solvabilité des ménages*, déterminante quant au choix du niveau auquel on peut abaisser le coût initial du raccordement pour l'utilisateur tout en gardant l'assurance que celui-ci saura capitaliser les sommes nécessaires au paiement des factures périodiques.

-En second lieu, *les conditions exactes du financement de ces installations.*

A Pointe-Noire, il était envisagé de faire payer à crédit par le client l'intégralité du coût du raccordement, mais deux possibilités étaient étudiées:

-un crédit sur 5 ans et l'augmentation du tarif du m³ d'eau dans la tranche "sociale" (0 à 35 m³) pour couvrir le remboursement des emprunts extérieurs;

-ou un crédit sur 2 ans sans augmentation du tarif, dans le cas d'un accord avec la Banque de Développement du Congo pour un prêt négociable.

A Lomé le projet prévoyait initialement une politique de branchements gratuits¹ et la récupération du coût par le biais de la facturation. Pour des raisons que nous exposerons dans le chapitre suivant, la Régie Nationale des Eaux du Togo (RNET) envisageait en 85 de porter le paiement initial à 50 000 Frs CFA (dont l'avance sur consommation et les frais de police), taxe par ailleurs appliquée alors dans les centres secondaires du Togo.

¹ sauf une avance sur consommation s'élevant à 25000 Frs CFA.

Au Gabon, la Société d'Energie et d'Eau du Gabon a mis en place dans le cadre de la distribution électrique un branchement social techniquement simple et dont le paiement par le souscripteur est échelonné sur 12, 24 ou 36 mensualités. Les taux d'intérêt correspondants étaient respectivement en 85 de l'ordre de 12%, 13,5%, et 15%. Cette expérience concluante était alors en voie d'application pour la distribution d'eau, avec quelques nuances:

- à tout abonné qui demanderait pour au moins une année un branchement au tarif social eau, le branchement de base (diamètre 15mm) serait facturé en appliquant sur le prix bordereau un abattement de l'ordre de 40%;
- la part du coût du branchement social, soit 60%, pourrait être payée à crédit sans intérêt grâce à un financement par les communes (pour Libreville et Port-Gentil).

Les modalités adoptées au Sénégal pour sa politique de branchements sociaux s'apparentent à ce dernier cas. Développons cet exemple dont l'intérêt particulier tient à l'ancienneté de cette politique.

Décidée en 1979¹, celle-ci mettait d'abord en oeuvre les dispositions suivantes²:

- en zones urbanisées, 65% du montant des extensions était pris en charge par l'Etat, par imputation sur les Fonds spéciaux gérés par la SONEES, ainsi que 50% du montant des branchements sociaux;
- les bénéficiaires des branchements sociaux devaient pouvoir justifier de leur statut de propriétaire et de revenus inférieurs à 600 000 Frs CFA par an ;
- la SONEES accordait, pour sa part, des facilités de paiement aux demandeurs, pour la partie du coût à leur charge, pouvant aller jusqu'à 12 mensualités;
- enfin, le système tarifaire tenait compte de ces abonnés par l'application d'une tranche sociale: un tarif réduit leur était appliqué pour les 20 premiers mètres cubes de leur consommation bimestrielle.

Par la suite, pour des raisons que nous exposerons dans le chapitre suivant, la SONEES a décidé d'inclure ces opérations

¹ Conseil National de l'Urbanisme, Dakar, 22 Janvier 79

² SECK ; ibid, p.8

de branchements sociaux dans des conventions passées avec les Municipalités.

L'objectif de toutes ces conventions est de *transférer aux Communes une partie de la charge du préfinancement du coût des branchements et du coût des extensions du réseau les rendant possibles.*

La première convention, par exemple, fut passée avec la Commune de Koalack. Elle stipulait le préfinancement par la Commune de 35% du montant des extensions et de 50% de celui des branchements¹. Cette partie devait être payée par les souscripteurs de branchements sociaux en 38 mensualités, la SONEES se chargeant de reverser à la Commune ces remboursements périodiques inclus dans les factures d'eau.

D'autres conventions du même type furent signées entre le Service Régional de l'Hydraulique², agissant comme Maître d'Oeuvre, la SONEES, désignée comme Maître d'Ouvrage, et diverses Municipalités.

La disparité des moyens financiers de ces dernières se traduisit par une égale disparité des dispositions de ces conventions relativement aux parts spécifiques de l'Etat et de la Commune dans le financement des extensions et des branchements sociaux.

Par souci politique, il fut adopté une convention-type qui harmonisait ces dispositions tout en tenant compte des capacités financières des Communes en les classant en trois catégories suivant leur taille (voir tableau II.3).

L'application de ces conventions n'a pas été aisée. Les difficultés rencontrées dans la gestion des branchements sociaux seront exposées et analysées dans le chapitre III .

¹ l'Etat prenant en charge 65% du montant des extensions et 50% de celui des branchements

² département ministériel assurant la tutelle de la SONEES

tableau II.3 RÉPARTITION DES FINANCEMENTS RELATIFS AUX BRANCHEMENTS SOCIAUX - CAS DU SÉNÉGAL-

	COMMUNES 1 ^{ère} catégorie	COMMUNES 2 ^{ème} catégorie	COMMUNES 3 ^{ème} catégorie
<u>financement des extensions:</u>			
Etat	0 %	50 %	100 %
Commune	100 %	50 %	0 %
<u>financement des branchements:</u>			
Etat	30 %	20 %	20 %
Commune	20 %	30 %	30 %
Demandeur	50 %	50 %	50 %

E. LA TARIFICATION

La tarification, définie par MARGAT et ERHARD-CASSEGRAIN ¹, comme l'"art de fixer le tarif le plus approprié, eu égard à l'objectif prioritaire de l'autorité qui en décide", fait l'objet d'un processus de décision où interviennent à des degrés divers considérations techniques et objectifs économiques, mais où l'enjeu est toujours politique.

Dans le contexte des pays africains étudiés ici, le tarif a presque toujours et partout été désigné comme l'instrument privilégié d'une politique sociale. La prédominance, en Afrique Noire francophone, du statut de Société Nationale a eu en effet pour résultat de reléguer au second plan l'objectif financier: "(...) puisque l'Etat est d'abord un distributeur de rente et que la Société Nationale est l'un de ces répartiteurs, notent COING et MONTANO, (...) [il en résulte que] le modèle de la Société Nationale est un modèle à déficit"².

¹ MARGAT J., ERHARD-CASSEGRAIN A. Introduction à l'Economie Générale de l'Eau, p. 194

² COING H., MONTANO I. Le service de l'eau potable dans les villes du Tiers-Monde: Modes de gestion et d'organisation, p. 26

Les bailleurs de fonds et les ingénieurs-conseils chargés des études de tarification ont souvent dénoncé le maintien de tarifs à un niveau trop bas pour assurer la couverture des coûts; ainsi que l'argument selon lequel ce principe serait justifié pour des raisons de politique sociale¹.

Notamment sous l'impulsion du principal d'entre eux, la Banque Mondiale, les bailleurs de fonds ont imposé **trois principes directeurs** aux études de tarification:

- *l'équilibre financier de l'exploitant;*
- *la référence au coût économique marginal;*
- *l'accessibilité aux ménages à faibles revenus.*

Ces thèmes renvoient à une démarche d'analyse conçue comme objective et dégagée des facteurs politiques locaux, que nous allons exposer avant que d'en examiner l'impact économique dans le chapitre III.D.

1. La justification de la tarification au coût marginal à long-terme

Dans la plupart des pays, il est d'usage courant de déterminer la politique tarifaire d'un service d'AEP sur la base de critères financiers ou comptables, c'est-à-dire telle que les revenus engendrés par le tarif soient suffisants pour couvrir les frais d'exploitation et le service de la dette tout en provisionnant "raisonnablement" les futures charges d'investissement liées à l'expansion du service.

Dans un passé récent, de nouveaux facteurs sont cependant apparus, tels qu'une croissance rapide de la demande, une hausse des coûts de mobilisation des ressources et d'exploitation; ou l'extension des services d'AEP à des zones de faibles densités de population (notamment rurales ou péri-urbaines), pour lesquelles le coût unitaire est donc relativement plus élevé.

Sous la pression de ces contraintes, un intérêt nouveau s'est manifesté pour des principes destinés à atteindre des niveaux de production et de consommation d'eau **économiquement**

¹ voir infra, chapitre III.D.2

efficaces¹, et susceptibles en outre d'épargner les ressources rares et de contribuer à la poursuite des différents objectifs nationaux.

Parce que le tarif représente en général une technique efficace pour gérer la demande, tout particulièrement à long-terme, l'attention s'est portée notamment sur le principe de **tarification au coût marginal**.

Un tarif fondé sur le CMLT² est théoriquement compatible avec le premier objectif (celui d'allocation optimale des ressources). Alors que l'approche comptable traditionnelle s'occupe de la seule couverture des coûts historiques, le souci primordial du CMLT réside dans le volume des ressources futures utilisées ou épargnées par les décisions des consommateurs. *Puisque le prix de l'eau est celui payé pour un accroissement unitaire de la consommation, il devrait en effet, en théorie, refléter le coût incrémental de production au niveau de consommation considéré.*

Les coûts de fourniture augmentent lorsque des usagers accroissent leur consommation ou si de nouveaux consommateurs sont raccordés au réseau. Les prix, qui agissent comme un signal pour les consommateurs, doivent donc être en rapport avec la valeur économique des ressources présentes et futures requises pour faire face à l'évolution de la consommation.

La méthode de tarification au CMLT utilise des coûts d'opportunité économique (du capital, de la main d'oeuvre et des matériaux) de préférence aux coûts purement financiers, et prend en compte les externalités partout où cela est possible, renforçant ainsi le lien avec l'allocation efficace des ressources.

Soit EGD₀ la **courbe de demande** (voir la figure II.4) représentant la demande annuelle à chaque niveau moyen du tarif.

¹ Rappelons que l'efficacité économique impose à la fois:

-une **consommation efficace**, c'est-à-dire fixée par le système des prix (ici le système tarifaire) à un niveau assurant l'allocation optimale des ressources;

-une **production efficace**, c'est-à-dire autorisant la fourniture du service au moindre coût grâce une planification optimale des investissements et à une exploitation optimale du réseau.

² CMLT = Coût Marginal à Long Terme

Soit AGS la **courbe d'offre** (représentée par le coût marginal (CM) de fourniture d'unités additionnelles).

Au prix P et à la demande Q correspondante, le surplus (ou bénéfice total) des consommateurs est représenté par l'aire de la surface OEFJ sous la courbe de demande; tandis que le coût de la fourniture de Q est l'aire de OAHJ. Le bénéfice net, c'est-à-dire le bénéfice total diminué du coût de fourniture, est donc donné par l'aire AEFH. Il apparaît donc clairement sur la figure II.4 que le bénéfice net est maximal lorsque le prix P est pris égal au coût marginal, soit au point d'équilibre du marché (P_0, Q_0).

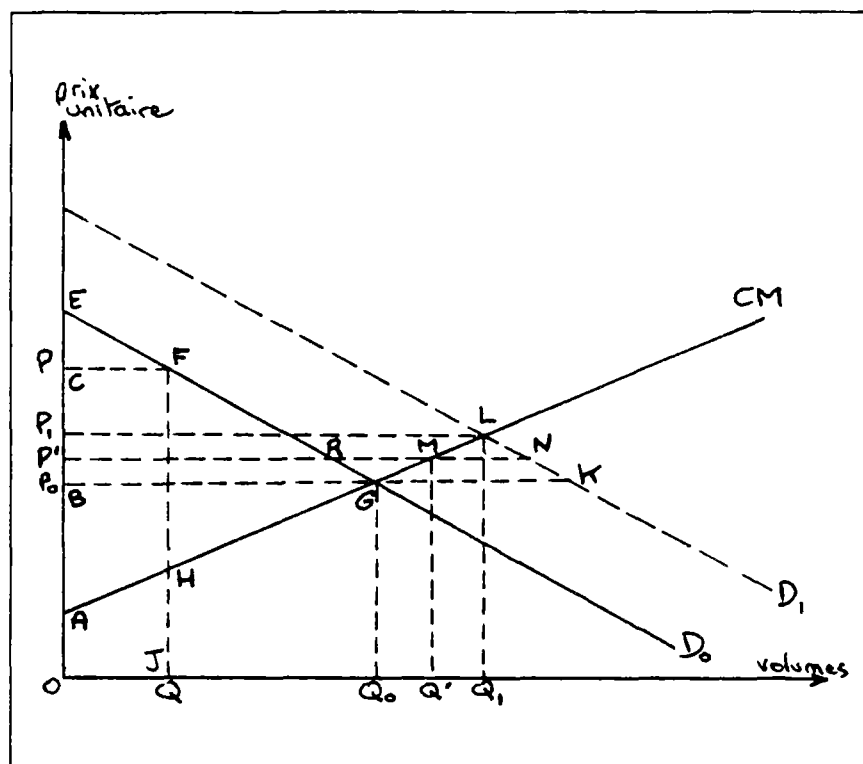


figure II.4 COURBES DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE D'EAU POTABLE

En termes mathématiques, le bénéfice net B est:

$$B = \int P(Q) dQ - \int CM(Q) d(Q),$$

où $P(q)$ et $CM(q)$ représentent respectivement les fonctions de demande et d'offre.

La maximisation de B s'établit lorsque $dB/dQ = P(Q) - CM(Q) = 0$, soit au point d'intersection $G(P_0, Q_0)$ des courbes de demande et de coût marginal.

Si l'on ajoute à présent à l'analyse statique l'effet dynamique de la croissance de la demande de l'année 0 à l'année 1, que se passe-t-il? La courbe de la demande se déplace de D_0 à D_1 . Si l'on suppose que l'on est au point d'équilibre du marché à l'année 0, une demande additionnelle GK sera apparue à l'année 1. L'offre devrait théoriquement s'établir à Q_1 et le nouveau prix d'équilibre du marché à P_1 . Mais les données concernant la courbe de demande D_1 peuvent être incomplètes, rendant difficile la localisation du point d'équilibre $L(Q_1, P_1)$.

En revanche, les coûts relatifs au système d'AEP sont mieux maîtrisés et la courbe de coût marginal peut être définie de façon plus précise. En un premier temps, l'offre peut dès lors n'être augmentée que jusqu'à un niveau intermédiaire Q' , au tarif P' . L'observation du surcroît de demande MN (voir figure II.4) indique alors que l'offre et le tarif pourront encore être augmentés. A l'inverse, si L est dépassé et qu'il y a donc une surcapacité inemployée, on attendra que la demande augmente jusqu'à absorber cette surcapacité.

Ce processus itératif rend possible le déplacement le long de la courbe de coût marginal vers le point d'équilibre du marché. Il faut cependant noter qu'au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'optimum, celui-ci se déplace également sous l'effet de la croissance de la demande, de telle sorte que cette "cible" mouvante peut ne jamais être atteinte.

Cela ne remet toutefois pas en cause le principe de base qui consiste à fixer le tarif au niveau du coût marginal de production et à accroître l'offre jusqu'à l'équilibre du marché.

Du fait des économies d'échelle, les expansions de capacité des systèmes d'AEP tendent à être importantes et conçues pour le long-terme, pour une capacité Q_M par exemple (voir figure II.5 page suivante).

Lorsque des capacités additionnelles sont fournies au système d'AEP, la courbe du coût marginal à court-terme (CMCT) présente autant de "pics".

La demande, parvenue en D_1 , exige du système une fourniture de capacité proche du maximum Q_M .

Le coût marginal devient très grand (P_1). Une fois Q_M atteint, de nouveaux investissements portent la capacité du système à Q_N .

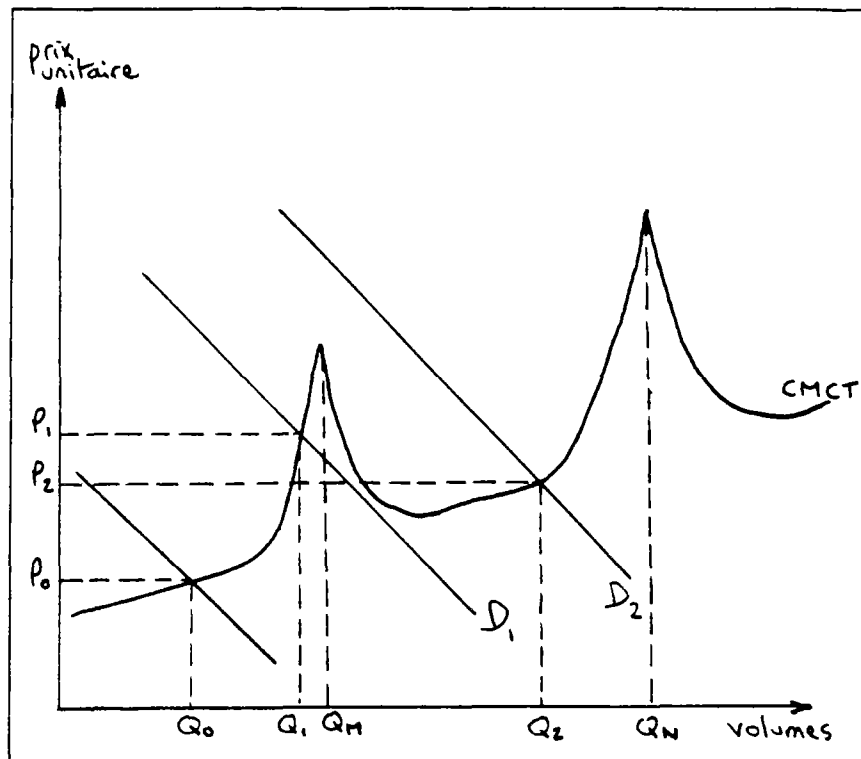


figure II.5 COURBE DES COÛTS MARGINAUX A COURT-TERME (CMCT)

Lorsque la demande s'établit à D_2 , le prix d'équilibre est P_2 , inférieur à P_1 . En sens comme en intensité, ces variations imposées au tarif par la courbe du CMCT sont inacceptables pour l'utilisateur.

L'approche de la tarification au coût marginal à long-terme permet d'éviter cet écueil.

2. Extension des méthodes de base

Le modèle simplifié qui vient d'être décrit doit être généralisé pour analyser l'économie des systèmes d'AEP en vraie grandeur.

En premier lieu, la procédure classique adoptée dans les études de tarification au coût marginal nécessite parfois d'être itérée de la façon présentée dans la figure II.6. Typiquement, une prévision analytique de la demande à long-terme se fonde sur des hypothèses d'évolution future des prix. Puis, utilisant des données et des modèles du système d'AEP, plusieurs plans sont proposés pour satisfaire cette demande à un niveau de service fixé. Le plan d'expansion à moindre coût est retenu. Le CMLT strict est calculé à partir de ce

plan et une structure tarifaire déduite d'un CMLT ajusté. Si le nouveau tarif qui doit être imposé aux consommateurs diffère notablement de la prévision initiale, alors il doit être réintégré dans le modèle pour réviser la prévision de la demande, et le calcul du CMLT est réitéré.

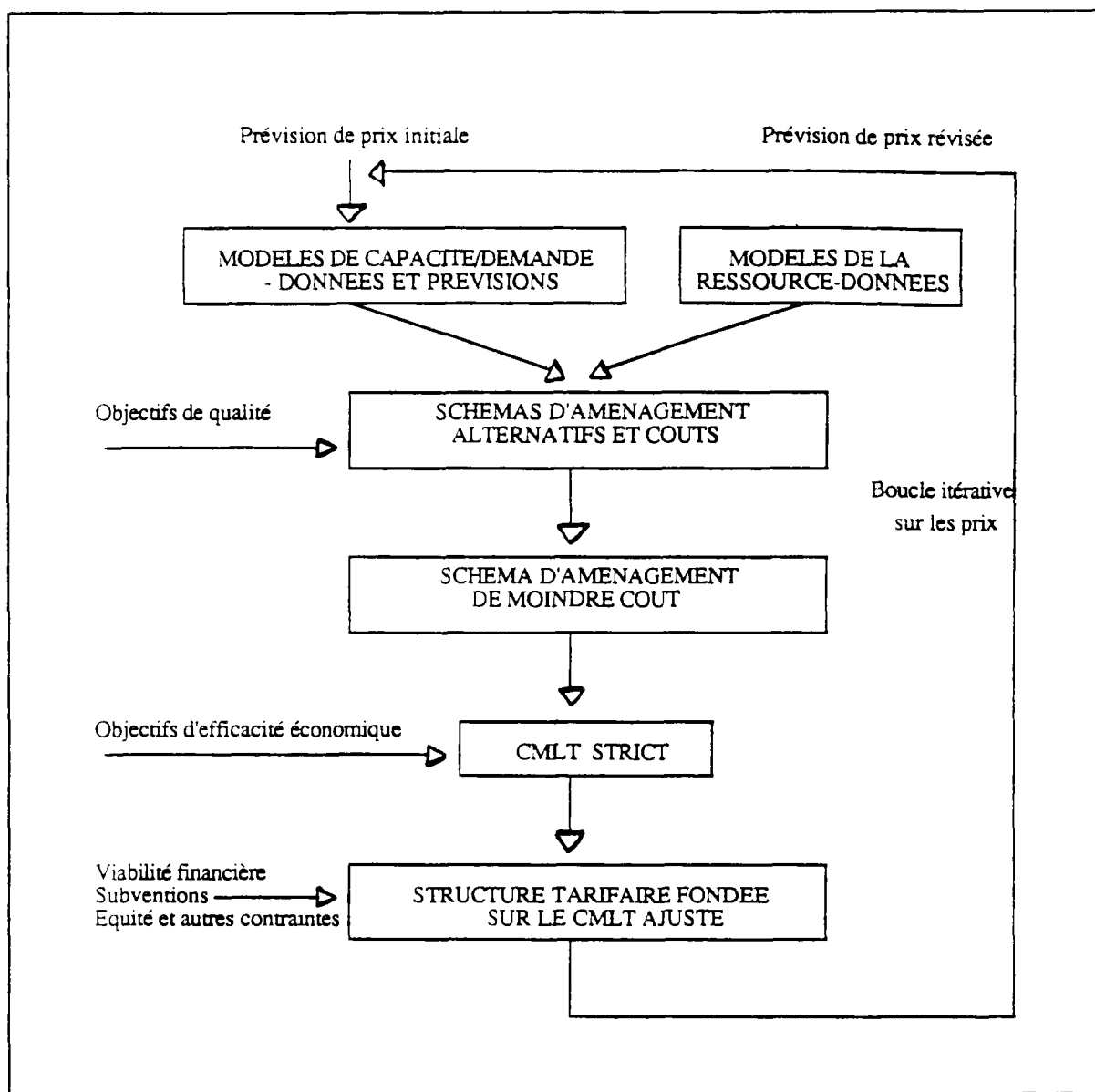


figure II.6 PROCESSUS ITERATIF DE TARIFICATION AU COUT MARGINAL A LONG-TERME

En théorie, ce processus itératif pourrait être répété jusqu'à ce que les estimations des coûts, de la demande et des tarifs fondés sur le CMLT soient devenus mutuellement compatibles. En pratique, les incertitudes liées à certaines données, notamment à l'élasticité de la demande au prix¹, conduisent à suivre une démarche plus pragmatique dans laquelle les résultats du CMLT seront utilisés après une seule itération pour mettre en place de nouveaux tarifs. On observe alors le comportement de la demande pendant quelque temps; le CMLT est estimé de nouveau et les tarifs révisés pour se rapprocher de l'optimum, qui peut lui-même s'être déplacé ainsi que nous l'avons expliqué ci-dessus.

En second lieu, les questions liées entre elles d'incertitude de l'offre et de la demande, de marges de sécurité et de coûts de défaillance soulèvent certains problèmes. Puisque l'on planifie l'expansion du système à partir d'une hypothèse plus ou moins arbitraire de niveau de service, les coûts marginaux dépendent de ce niveau.

3. Coûts d'opportunité économique

Dans l'environnement économique idéal de la concurrence parfaite, l'interaction du comportement de nombreux petits producteurs maximisant leurs profits et consommateurs maximisant leur bien-être conduit à des prix de marché qui reflètent les véritables coûts économiques et l'allocation des ressources qui en résulte est optimale. En réalité, les conditions de concurrence parfaite sont naturellement loin d'être remplies. Des distorsions liées aux situations de monopole, à des externalités, à des interventions sur le marché par les taxes, droits d'importation et subventions diverses aboutissent à des prix de marché ou des coûts financiers susceptibles de différer substantiellement des coûts d'opportunité économique. De plus, si la proportion de consommateurs pauvres est grande, une tarification qui ne serait fondée que sur un critère de stricte efficacité pourrait être politiquement et socialement inacceptable.

Aussi préfère-t-on l'usage de coûts d'opportunité pour déterminer les programmes d'investissements optimaux et les CMLT dans le secteur de l'AEP².

¹ voir infra, chapitre VII.B

² voir MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Shadow pricing and the evaluation of public utility projects, Banque Mondiale, Washington, 1977
et MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Electricity pricing, John

4. Le calcul du CMLT strict

Le **coût incrémental moyen (AIC)** fournit une bonne approximation du CMLT. L'AIC est le rapport entre la valeur actuelle des coûts différentiels liés à l'expansion du système et celle des volumes d'eau fournis aux usagers par cette expansion. C'est donc la valeur du m³ qui équilibre le cash flow actualisé du plan de développement du système. On le calcule par les relations suivantes, sur une période de 10 ou 15 ans:

. *coût incrémental moyen de production AIC_p*:

$$AIC_p = [\sum (I_{1t} + R_{1t}) / (1+r)^t] / [\sum \Delta Q_{1t} / (1+r)^t]$$

où I_{1t} = investissement dans les équipements de production à l'année t (exhaure, pompage, traitement);

R_{1t} = coût incrémental d'exploitation et de maintenance des équipements de production à l'année t;

ΔQ_{1t} = quantité d'eau additionnelle produite à l'année t;

r = taux d'actualisation (ie coût d'opportunité du capital).

On définit de façon analogue les coûts incrémentaux de refoulement AIC_r, de distribution primaire AIC_f et de distribution secondaire AIC_s.

Si l'on tient compte des pertes et fuites (taux: π), les coûts incrémentaux moyens de fourniture de l'eau aux différents niveaux du réseau sont les suivants:

$$AIC_1 = AIC_p / (1 - \pi_1) \quad \text{au niveau du refoulement}$$

$$AIC_2 = (AIC_1 + AIC_r) / (1 - \pi_2) \quad \text{au niveau de la distribution primaire}$$

$$AIC_3 = (AIC_2 + AIC_f) / (1 - \pi_3) \quad \text{au niveau de la distribution secondaire}$$

$$AIC_4 = (AIC_3 + AIC_s) / (1 - \pi_4) \quad \text{au niveau de la distribution aux ménages.}$$

5. Tarifs subventionnés

Des arguments d'équité ou des raisons socio-politiques sont souvent avancées en faveur de la subvention ou des tranches sociales, surtout lorsque les coûts d'approvisionnement sont élevés par rapport aux revenus.

Comme la situation de monopole des sociétés distributrices permettent à celles-ci d'agir de façon discriminatoire par une telle structuration des tarifs, la justification d'une politique tarifaire sociale et de la taille des tranches sociales requière une analyse détaillée. Le concept de tranche sociale subventionnée ou de "besoins de base" a une autre justification économique essentielle fondée sur l'argument de **redistribution des revenus**.

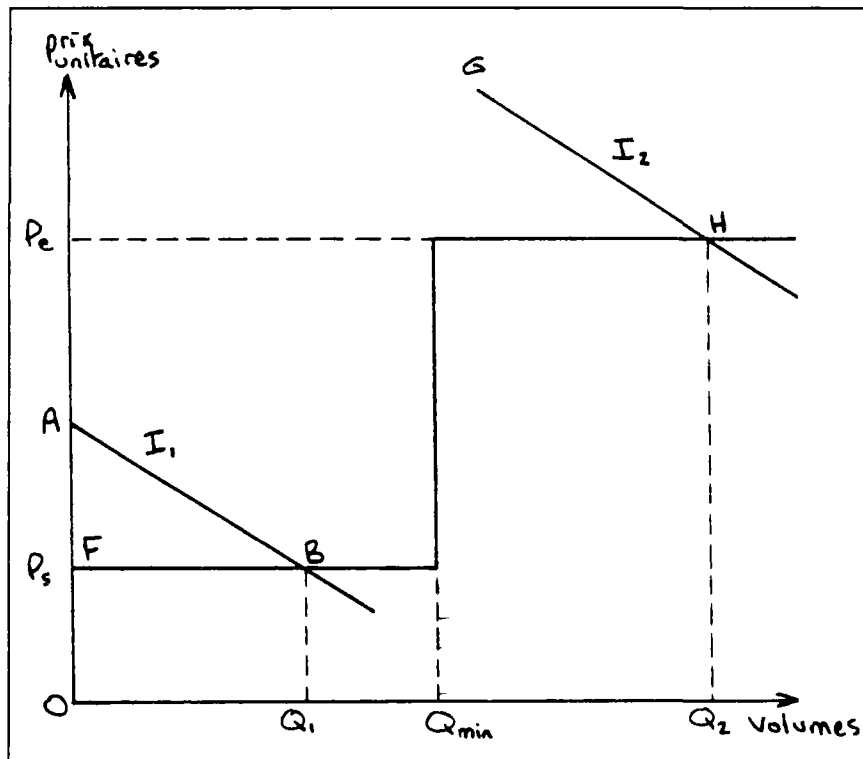


figure II.7 BESOINS DE BASE ET TRANCHE SOCIALE SUBVENTIONNÉE

Montrons ceci à l'aide de la figure II.7 où les courbes de demande AB et GH sont respectivement celles des ménages à faible revenu (R_1) et à revenus moyens (R_2), P_s est le tarif social appliqué à la première tranche de consommation 0 à Q_{min} , et P_e est le prix fondé sur le coût marginal. Si le tarif est

pris égal à P_s , le ménage moyen consommera au niveau optimal Q_2 , mais le ménage pauvre ne pourra pas accéder au service.

Si l'on accorde au bénéfice des ménages pauvres un poids social plus élevé, le surplus FAB du consommateur sera multiplié par ce coefficient pondérateur approprié (plus grand que l'unité).

Ainsi, quoi que le point A se trouve en-dessous de P_1 dans le système nominal des prix de marché, la distance OA pondérée sera plus grande que le coût marginal de fourniture du service.

L'adoption d'une structure tarifaire progressive consistant en un tarif social P_s suivi du plein tarif P_e permet donc de capter le surplus pondéré des consommateurs pauvres mais n'affecte pas le modèle de consommation optimale des consommateurs moyens si l'on ignore l'effet sur le revenu dû à une dépense réduite de celui-ci pour la première tranche de consommation, soit jusqu'à Q_{min} .

En pratique, le choix du niveau de Q_{min} devrait se fonder sur des critères acceptables d'identification des classes de revenus faibles et d'estimation raisonnable de leur niveau de consommation minimale (c'est-à-dire suffisant pour les besoins domestiques de base tels que la boisson, le lavage, la cuisine, la toilette).

Dans la pratique, on constate que le plafond de consommation de la "tranche sociale" varie couramment du simple au double (de 5 à 10 m³ par mois) d'un pays à l'autre, même lorsque ces pays sont voisins et de niveau de développement analogues.

Pour le choix du prix P_s , MUNASINGHE propose le modèle suivant¹:

$$P_s = CMLT_{strict} \times (\text{revenu moyen des pauvres/revenu critique})$$

où le revenu critique pourrait être un indicateur national de pauvreté tel que (ou en rapport avec) le SMIG.

6. Efficacité et équité des méthodes d'ajustement des tarifs

Les contraintes financières les plus souvent rencontrées se rapportent aux impératifs de couverture des coûts du service

¹ MUNASINGHE M. Principles of Water Supply Pricing in Developing Countries, LAC N IDP-19, The World Bank, Washington D.C., 1988

et se traduisent par des critères tels que le taux de rentabilité des actifs nets, le ratio d'auto-financement, le cash flow, etc.

En principe, pour les entreprises publiques de distribution d'eau, la solution la plus efficace du point de vue économique consisterait à fixer un prix égal au coût marginal et à laisser l'Etat subventionner les charges financières. En pratique, il est important de pouvoir mesurer la capacité d'autonomie financière de ces sociétés.

L'objectif le plus immédiat, ou le critère le plus convaincant pour les décideurs, est celui de l'équilibre des liquidités: les produits encaissables, net des créances douteuses, doivent couvrir les charges courantes décaissables (dont la maintenance), le service de la dette et une contribution aux investissements donnée sous forme d'un pourcentage, souvent égal au taux de contrepartie locale appliquée dans le pays considéré. Si cet objectif est atteint, le service des eaux peut fonctionner, garder de bonnes relations avec les bailleurs de fonds et contribuer à l'extension du système sans recourir à des subventions.

Quelque(s) soi(en)t le(s) critère(s) employé(s), les tarifs initiaux fondés sur le CMLT strict doivent être inclus dans le bilan prévisionnel de l'entreprise. Puis ces tarifs initiaux peuvent (et doivent en général) être ajustés à travers le processus itératif décrit précédemment jusqu'à ce que les paramètres choisis pour la mesurer garantissent la viabilité financière.

Les ajustements relatifs au CMLT strict entre les différentes principales catégories de consommateurs détermineront la part du revenu qui doit être supportée par chacune.

La méthode pratique d'ajustement la plus simple -et, semble-t-il aussi, la plus équitable- est de retenir la structure relative du CMLT et de faire varier le niveau moyen du tarif par des modifications équiproportionnelles. Malgré tout, cette procédure n'est en général pas efficace économiquement.

L'application de la règle de l'élasticité inverse de BAUMOL-BRADFORD selon laquelle la plus grande (respectivement la plus petite) divergence du CMLT se produit pour le groupe de consommateurs dont l'élasticité de la demande au prix est la plus faible (respectivement la plus forte), est la procédure d'ajustement la plus satisfaisante du point de vue de l'efficacité économique¹.

¹ BAUMOL W.J., BRADFORD D.F. "Optimal departures from marginal cost pricing", In American Economic Review, 1970, pp 265 à 283

Dans le cas de deux biens, l'expression suivante s'applique:

$$(1 - \text{CMLT}_1/p_1)/(1 - \text{CMLT}_2/p_2) = (1/e_1 + 1/e_{12})/(1/e_2 + 1/e_{21})$$

où CMLT_i et p_i désignent respectivement le Coût Marginal à Long-Terme strict et le prix du bien i , tandis que

$$e_1 = (\partial Q_1 / \partial p_1) / (Q_1 / p_1)$$

et

$$e_{1j} = (\partial Q_1 / \partial p_j) / (Q_1 / p_j)$$

représentent les élasticités respectivement propre et croisée de la demande par rapport au prix.

Les deux biens 1 et 2 peuvent être interprétés comme la consommation d'eau de deux groupes de consommateurs distincts pendant la même période. En pratique, et tout particulièrement dans les pays en développement, un nombre plus grand de classes de consommateurs doit être pris en compte, et l'application de cette règle se trouvera donc limitée par un manque de données disponibles sur les élasticités au prix¹ et la nécessité de devoir recourir à des estimations subjectives. Cette technique peut en outre sembler pénaliser des ménages aux dépens d'autres, allant ainsi à l'encontre de l'objectif d'équité: l'élasticité de la demande par rapport au prix est en effet généralement plus faible pour les ménages pauvres, qui consentent déjà un effort financier important pour une consommation minimale guère compressible.

L'introduction de forfaits ou des modifications portant sur les charges fixes sont aussi des ajustements compatibles avec l'efficacité économique, pourvu que ces procédures demeurent sans effet sur le niveau de consommation, c'est-à-dire que celui-ci dépende essentiellement des charges variables.

Les ajustements ainsi effectués peuvent être malgré tout encore insuffisants. Une autre approche consiste à tarifier au CMLT la seule consommation marginale et à réduire le prix pour une tranche initiale de consommation. Ces subventions des frais d'abonnement ou de la consommation de la tranche inférieure peuvent également être calculées de façon à satisfaire les contraintes d'une tranche sociale destinée aux consommateurs pauvres. Mais une telle mesure tend à complexifier la structure tarifaire.

¹ voir infra, chapitre VII.B

7. Les subventions croisées (cross subsidization)

Les usagers des réseaux d'AEP des grandes villes subventionnent fréquemment ceux des réseaux des centres secondaires en payant plus que le CMLT. Ainsi le choix d'un tarif uniforme sur l'ensemble du pays peut-il répondre à des objectifs d'aménagement du territoire.

En novembre 85 par exemple, l'Algérie a institué un tarif d'eau uniforme en dépit d'un coût moyen de l'eau que l'on estimait varier entre \$0,23 et \$0,58¹. Tandis que le tarif national assurait la couverture des coûts dans son ensemble, une telle péréquation entraîna des profits ou des pertes variables pour les différents Offices locaux de distribution². En Tunisie, la compagnie nationale des eaux, la SONEDE, applique un tarif uniforme qui "implique des subventions croisées entre les centres de façon à éviter des tarifs prohibitifs dans les centres où le coût de production du service est élevé"³.

A l'opposé, le gouvernement de Jordanie fournit une eau gratuite à la population nomade à un coût dix fois supérieur à celui des grandes villes⁴.

¹ \$US 1987

² BANQUE MONDIALE Algeria: Second National Water Supply and Sewerage Project, Staff Appraisal Report N 6582a, The World Bank, Washington D.C., 1987, p.28

³ BANQUE MONDIALE Sector Operations Review: the Water Supply and Waste Disposal Program in Tunisia, Report N 4146, The World Bank, Washington D.C., 1982, p. 37

⁴ BANQUE MONDIALE Hashemite Kingdom of Jordan: Jordan Water Supply and Sewerage Project, Staff Appraisal Report N 6056-JO, The World Bank, Washigton D.C., 1986, p. 24

chapitre III. L'IMPACT DES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU

A. L'IMPACT DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES"

Les sociétés de distribution ont souvent avancé que la fermeture des bornes-fontaines inciterait leurs usagers à se raccorder au réseau.

Dans les villes étudiées, si les données nous manquent pour chiffrer avec quelque précision les reports qui ont pu avoir lieu sur les autres modes d'approvisionnement, on peut néanmoins remarquer que **le taux de raccordement n'a nulle part enregistré d'accélération significative pendant cette phase d'abandon des bornes-fontaines "classiques"**. Parfois, le taux de raccordement a même accusé une légère diminution.

A Lomé, alors que le nombre de bornes-fontaines a diminué sensiblement pendant la première moitié de la décennie¹ et que la population des zones desservies augmentait dans le même temps de 22% environ, on constate cependant que le nombre moyen de branchements réalisés chaque mois a fortement diminué au cours de cette période, comme l'illustre le tableau ci-dessous.

tableau III.1 NOMBRE MOYEN MENSUEL DE BRANCHEMENTS EFFECTUÉS À LOMÉ ENTRE 80 ET 84

mars 80	mars 81	mars 82	mars 83	mars 84
66	46	30	15	

A Libreville, le taux de raccordement n'a augmenté que de 3% entre 81 et 85 alors que la moitié des bornes-fontaines disparaissaient pendant le même temps.

¹ voir supra II.A.3 page 37

A Pointe-Noire, la rareté des bornes-fontaines ne paraît pas plus avoir encouragé les ménages à se raccorder. Après la disparition totale des bornes-fontaines autrefois nombreuses², le taux de desserte plafonnait à 20% en 85 dans les quartiers d'habitat traditionnel pourtant bien desservis par le réseau.

Remarquons en revanche que le taux de desserte par revente s'y élevait alors à 50%.

Le cas de Korhogo enfin montre de façon particulièrement significative la *résistance de la population aux raccordements privatifs lorsque lui est offerte une eau potable ou non, aisément accessible spatialement et financièrement.*

Les habitants de cette ville bénéficient en effet de la politique de branchements "gratuits" développée par la SODECI dès 73 et décrite précédemment³. D'importantes extensions du réseau d'AEP y ont été réalisées depuis 79 multipliant plusieurs fois son linéaire total et seules 6 bornes-fontaines subsistaient en 85⁴.

Pourtant, le nombre d'abonnés domestiques n'y a augmenté que de 5% par an en moyenne pendant les 5 premières années de la décennie, alors que le taux d'accroissement démographique se maintenait autour de 10%.

De même, à Abidjan⁵ en 1983, alors qu'au moins 90 % de l'espace urbain était desservi par le réseau⁶ et que ne subsistaient plus qu'une douzaine de bornes-fontaines en service dans toute l'agglomération contre plusieurs centaines avant 73, malgré aussi la modicité du coût d'accès au

² voir supra II.A.3 page 37

³ voir supra II.C page 46

⁴ la ville en compta jusqu'à 12

⁵ SAINT-VIL J. L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue, les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan, Cahiers ORSTOM, série Sci. Hum., vol. XIX, n 4, 1983, pp 471 à 489

⁶ un point de l'espace urbain est dit *desservi* s'il se trouve à moins de 35 mètres d'une canalisation (on trouve parfois dans la littérature le chiffre de 50 mètres) du réseau de distribution

branchement¹, moins de la moitié seulement de la population était raccordée. Ce taux de raccordement était même en diminution sensible, passant de 55 % en 77 à 47 % en 83.

En conclusion, il apparaît que la fermeture des bornes-fontaines n'a provoqué sur aucun de nos terrains d'étude d'accélération significative des raccordements.

La première conséquence de l'abandon des bornes-fontaines "gratuites" fut le retour des populations qui en bénéficiaient aux sources traditionnelles et polluées d'approvisionnement telles que puits, rivières ou marigots.

Interrogés sur leurs habitudes d'approvisionnement en eau lors de nos enquêtes de mars 82² dans les quartiers populaires d'Ebolowa-Si et de New-Bell, les habitants d'Ebolowa (Cameroun) ont spontanément précisé qu'ils étaient plus souvent malades depuis qu'ils étaient retournés boire l'eau du puits ou du marigot. Du reste, un rapport d'activités du Service d'Hygiène Urbaine et d'Assainissement d'Ebolowa attirait déjà fin 79 l'attention de la Municipalité sur "la propagation des affections parasitaires intestinales, en nette progression dans notre section depuis la fermeture des bornes-fontaines". Le Médecin-Chef de la Section Régionale de Médecine Préventive et d'Hygiène Publique, mettait pour sa part en évidence dans un rapport de mission de juillet 81 une "recrudescence d'infections intestinales en raison de nombreuses coupures d'eau (...)".

L'augmentation escomptée du nombre de branchements particuliers n'ayant pas eu lieu, aucun bénéfice sanitaire n'est venu compenser les effets négatifs de ces reports.

Les anciens usagers des bornes-fontaines gratuites se sont nécessairement tournés vers les modes d'approvisionnement traditionnels (puits, marigots, fleuves,...) ainsi que vers l'achat de leur eau de boisson à des voisins raccordés. Dans le premier cas, les conséquences sanitaires se sont avérées visiblement dramatiques. Le second cas prouve que ces ex-usagers ne sont pas nécessairement captifs de sources d'approvisionnement gratuites: le service proposé par d'autres opérateurs a su se montrer plus attractif que celui offert par la société distributrice à travers le réseau.

¹ représentant moins de la moitié du revenu mensuel médian

² soit deux ans après la fermeture de 18 des 21 bornes-fontaines que comptait la ville jusqu'en 78 (voir supra, p.36)

B. L'IMPACT DES BORNES-FONTAINES AUTOMATIQUES

Le coût des bornes-fontaines automatiques, aussi bien à l'investissement qu'à l'exploitation, semble élevé.

Le prix de revient de la borne YACOLI¹ s'élevait (pose comprise) en 85 à 1 700 000 Frs CFA environ, dont 1 040 000 pour la fourniture seule.

Rappelons, à titre de comparaison, qu'une borne-fontaine économique à robinets multiples² revenait alors (pose comprise) à 300 000 Frs CFA en moyenne³, soit un prix de revient par robinet au moins 10 fois inférieur pour ces dernières.

Bien que le système soit qualifié de "simple et robuste" et son entretien de "presque nul", nous avons noté que la SODECI avait cru devoir placer un fontainier-percepteur, employé par la société, derrière la borne-fontaine YACOLI. On rapportait d'ailleurs que certains fontainiers avaient bricolé le monnayeur de façon à récupérer les pièces.

L'évaluation du projet-pilote de BF automatiques à piécettes en Thaïlande⁴ a montré que le résultat financier n'était pas satisfaisant du fait du tarif choisi⁵. L'opération connaît cependant un succès populaire croissant.

CHAPPEY⁶ remarque que dans certains cas la valeur de la plus petite pièce de monnaie disponible représente plusieurs fois le coût de 200 litres d'eau alors qu'un seau ne contient que 20 litres. Aussi quelques pays ont-ils choisi un système de

¹ voir supra II.A.4 , page 38

² la borne-fontaine automatique n'en dispose que d'un seul

³ et de 120 000 à 500 000 Frs CFA suivant les pays d'Afrique Noire - source: Les bornes-fontaines en Afrique; ibid; p.

⁴ voir supra, chapitre II.A.4 page 41

⁵ GHOOPRASERT W., Communication Personnelle, Provincial Waterworks Authority, Thaïlande, 1989

⁶ CHAPPEY M. Systèmes de tarification en Afrique, In Aqua, vol. 29, n 2, pp. 13-26, 1980

paiement par tickets ou de bornes-fontaines à jetons, telles les POPUDEAU au Congo. L'exploitation de ces systèmes subit alors un surcoût, du fait, dans le premier cas, de la nécessaire présence d'un fontainier-percepteur, et dans les deux cas, des frais de fabrication et de commercialisation des tickets ou des jetons.

En outre, le premier POPUDEAU installé à Brazzaville n'a fonctionné que pendant deux semaines. Comme l'explique DIANZINGA¹, des usagers, ne sachant pas lire ou confondant des pièces de 10 Frs CFA avec les jetons, avaient eu le temps de dérégler le mécanisme interne. Des fraudeurs avaient aussi eu le temps de forcer le container à jetons et des faussaires celui de mettre en circulation des faux-jetons!

Le coût d'investissement de cette borne-fontaine s'élevait à 280 000 Frs CFA en 85, celui des bornes-fontaines économiques à robinets multiples disponibles au Congo à 180 000 Frs CFA seulement, soit un prix de revient 7 fois moindre.

L'écart entre leurs coûts d'entretien devrait être bien supérieur encore compte-tenu de ce qui vient d'être dit.

Le caractère approprié des bornes-fontaines automatiques, qu'elles soient importées (POPUDEAU) ou de fabrication locale (YACOLI), peut donc être sujet à caution, sinon du fait de leur complexité technologique -toute relative dans les cas que nous avons présentés-, du moins relativement à la capacité des usagers de les utiliser correctement.

Leurs coûts élevés d'investissement et de maintenance imposent un **soin tout particulier dans le choix des conditions de leur mise en oeuvre**. Ceci inclut d'une part **l'information des usagers** auxquels ces équipements sont destinés, d'autre part **les paramètres d'implantation** dont on sait l'influence sur la durabilité des bornes-fontaines.

L'intérêt de ce type de borne-fontaine ne peut se justifier que par un gain d'exploitation significatif, surtout si elles doivent être importées. S'il s'avérait indispensable de conserver un fontainier pour exploiter chacune d'elles comme pour exploiter n'importe quelle borne-fontaine payante, leur intérêt même s'en trouverait remis en cause. Sur des sites particuliers tels que les marchés où leur maintenance et leur contrôle pourraient être organisés à une distance raisonnable, les bornes-fontaines automatiques peuvent cependant offrir des garanties de faisabilité.

¹ DIANZINGA, *ibid*, p. 256

Seule l'évaluation des expériences décrites et le recul permettront de consolider les choix.

C. L'IMPACT DES BRANCHEMENTS GRATUITS OU À CRÉDIT

1. Evaluation de la politique de branchements "gratuits" de la SODECI

D'après la SODECI "le mécanisme mis en place à présent [¹] est satisfaisant à tout point de vue, tant pour l'Etat que pour la société d'exploitation.

Quant aux consommateurs, la surcharge de coût [occasionnée par la taxe de raccordement] est trop faible pour qu'ils puissent réagir de manière négative (...)"²

Comme le montre le tableau III.2 ci-après, la progression du nombre de branchements subventionnés depuis 77 et leur proportion par rapport au nombre total de branchements réalisés semblent donner raison à la SODECI.

tableau III.2 NOMBRE DE BRANCHEMENTS SOCIAUX RÉALISÉS EN CÔTE D'IVOIRE DE 1977 A 1984

année	77	78	79	80	81	82	83	84
branch ^{ts} totaux	-	-	-	-	-	12907	12283	16940
branch ^{ts} sociaux	8846	7612	9707	10902	10870	11661	11644	14463

Tant en nombre qu'en proportion des branchements totaux, les branchements sociaux ont apparemment connu un succès indiscutable.

¹ voir supra chapitre II.C. page 46

² SERI G. Politique de branchements sociaux en Côte d'Ivoire ; contribution au V^{ème} Congrès de l'UADE ; Libreville ; juin 85

En réalité, la SODECI déplorait par ailleurs un fort taux de résiliation des abonnements particuliers en 83: jusqu'à 8 000 résiliations ont été enregistrées parallèlement aux 12 000 nouveaux branchements.

Bien que nous ne soyons pas en mesure d'apprécier la part des résiliations attribuables au changement de domicile des titulaires (locataires surtout), qui est assez forte selon toute probabilité, tout porte à croire que ces résiliations concernent essentiellement des branchements sociaux.

Séduits par la modicité du coût du branchement, les ménages qui se raccordent au réseau n'ont pas toujours conscience de la charge que représentera pour eux le paiement de la facture trimestrielle.

Raisonnons sur le cas de Korhogo.

Supposons qu'un ménage de 6 personnes (taille moyenne) dispose d'un branchement "social". Dans le cas dit "moyen", sa consommation est prise égale à la consommation moyenne des ménages disposant d'un branchement social. Dans le cas dit "limite", on suppose que le ménage s'efforce d'utiliser l'eau de façon parcimonieuse, en veillant à ne pas laisser le robinet ouvert ou à la portée des enfants (ce qui est difficile compte-tenu de l'emplacement du robinet dans la cour), voire à utiliser conjointement l'eau du puits pour les usages principaux (autres que la boisson et la préparation des aliments).

Dans l'un et l'autre cas, le volume consommé par le ménage ne dépasse pas le plafond de la tranche sociale. Le tarif de cette tranche étant en 85 de 99 Frs CFA par m³, le "cas limite" représente donc une facture trimestrielle de 3 000 Frs CFA environ et le "cas moyen" de 4 000 Frs CFA.

Une première constatation s'impose. Contrairement aux affirmations de la SODECI rapportées ci-avant, le poids de la taxe de raccordement est loin d'être négligeable pour un consommateur "moyen": de 45% dans le "cas moyen" à 60% dans le "cas limite".

Le tableau III.3 (voir page suivante) indique par ailleurs les taux d'effort que représentent les factures des "cas moyen" et "limite" pour les revenus médians et du premier quartile.

On considère classiquement que le taux d'effort maximal admissible pour l'eau est de 5 %. Cela revient à dire, d'après le tableau III.3, que le tarif de l'eau, dont la participation à la politique sociale est une composante majeure, dépasse de toutes façons les moyens d'au moins un quart de la population.

tableau III.3 TAUX D'EFFORT REPRÉSENTE PAR UNE FACTURE D'EAU POUR DE FAIBLES REVENUS (cas de Korhogo)

revenu 85 (estimation)	premier quartile (20 000 Frs CFA)	médian (40 000 Frs CFA)
cas "limite"	5 %	2,5 %
cas "moyen"	6,7 %	3,3 %

2. Evaluation de la politique de branchements à crédit projetée au Congo et au Togo

A Lomé, une estimation de la demande potentielle solvable¹ montrait que: dans les conditions décrites dans le chapitre précédent² et en considérant que l'attrait du branchement n'apparaît que lorsque le coût du raccordement ne dépasse pas le tiers du revenu mensuel, l'offre programmée de 5 000 branchements suffirait à peine à satisfaire la demande des classes moyennes.

La Banque Mondiale avait par ailleurs récemment mis en garde les sociétés distributrices contre les difficultés de nombreux ménages à s'acquitter des factures après avoir souscrit à un raccordement gratuit et contre les résiliations massives qu'entraîne un premier paiement trop faible.

La RNET avait pour sa part pu tirer les mêmes conclusions de l'expérience menée dans les centres secondaires togolais de Badou et d'Amlamé, où la population résiliait en grand nombre les contrats d'abonnement pour se ravitailler gratuitement aux bornes-fontaines et dans les rivières situées à proximité. Dans ces deux centres, les branchements particuliers avaient été installés gratuitement lors de la création du réseau.

Dans l'hypothèse³ où un premier versement deux fois plus élevé (50 000 Frs CFA dont 25 000 Frs CFA d'avance sur consommation) serait exigé, diminuant le montant du crédit de

¹ Plan Directeur d'Alimentation en Eau Potable de la ville de Lomé, ibid

² voir supra, chapitre II.D, page 51

³ envisagée en 85

65 000 à 40 000 Frs CFA, quelle pourrait être la demande potentielle solvable?

Supposons par exemple que la récupération du coût du branchement subventionné s'effectue sans intérêt sur 2 ans. A la facture moyenne mensuelle, il faudrait donc ajouter 4 000/48 soit 833 Frs CFA.

Or, la facture moyenne des abonnés ne dépassant pas le plafond de la tranche sociale s'élevait en 85 à 750 Frs CFA.

Le crédit, sous des hypothèses pourtant très favorables, aurait donc pour effet de doubler le montant de la facture des ménages faiblement consommateurs.

Cette facture représentait déjà pour eux en 85 un taux d'effort de 2,7%¹. Elle passerait dans ce cas de figure à 6% au moins du revenu pour plus de la moitié de la population, excédant ainsi le taux maximum admissible de 5%.

Si l'on considère par ailleurs qu'une dépense initiale de 50 000 Frs CFA équivaut pour ces ménages à plus de 2 mois de revenus, il apparaît clairement qu'une politique de branchements à crédit exclut la majorité de la population.

Par ailleurs, on peut aisément montrer que la demande insatisfaite des classes moyennes supérieures était déjà suffisamment forte en 85 pour que les 5 000 branchements "sociaux" programmés soient tous acquis par les ménages de ces classes aisées et solvables.

Ainsi que le notait l'étude BCEOM/BRGM en 83², de nombreux abonnés, certainement localisés au nord de la lagune où les puits sont rares, avaient consacré plus d'un revenu mensuel équivalent pour acquitter le prix d'un branchement. Il suffit pour s'en convaincre d'examiner sur le tableau III.4 ci-après la répartition des 77 000 ménages (environ) par tranche de revenus³ (estimation 85).

¹ taux d'effort obtenu sur la base du revenu médian

² BCEOM, BRGM Alimentation en Eau de Lomé: analyse de la demande ; Direction de l'Hydraulique et de l'Energie ; Lomé ; octobre 83; 31 pages ; p.25

³ TECHNOSYNESIS Schéma Directeur d'Urbanisme de Lomé ; Direction Générale de l'Urbanisme et de l'Habitat; Lomé; 1979 et ORSTOM-Architectes Sans Frontières-Groupe A.U.I. Les Villes du Togo: Bilan et Perspectives; Direction Générale du Plan et du Développement; Banque Mondiale-FAC-PNUD ; décembre 1984

tableau III.4 RÉPARTITION DES MÉNAGES DE LOMÉ PAR TRANCHE DE REVENUS (estimation 1985)

tranche de revenu (Milliers de F.CFA)	0-15	15-25	25-30	50-150	>150
nombre de ménages	23 300	27 000	14 650	10 000	3 000
(%)	(29%)	(35%)	(19%)	(13%)	(4%)

Si l'on fait l'hypothèse (optimiste) que la quasi-totalité des hauts revenus (supérieurs à 150 000 Frs CFA mensuels) étaient raccordés en 85, il reste (7 000 - 3 000) soit 4 000 ménages abonnés dans les autres classes de revenus.

La tranche de revenus 50 000/150 000 Frs CFA comprenant sensiblement 10 000 ménages, il est certain qu'une partie de ces 4 000 abonnés avaient un revenu inférieur au coût d'un branchement minimal (84 750 Frs CFA).

Avec l'abaissement du coût du raccordement à 50 000 Frs CFA, on pourrait donc s'attendre à ce que les 5 000 branchements sociaux prévus profitent surtout aux 6 000 ménages non raccordés de cette tranche de revenus "moyens supérieurs", d'autant que celle-ci s'accroîtra d'ici 1991 de 7 000 ménages supplémentaires.

A Pointe Noire, le problème se pose à peu près dans les mêmes termes. Selon l'alternative qui aura été choisie ¹, le bénéficiaire d'un branchement "social" rembourserait le coût du raccordement soit par 60 mensualités de 2 000 Frs CFA soit par 24 mensualités de 5 000 Frs CFA. Le revenu médian (estimation 85) à Pointe Noire s'élevant à 40 000 Frs CFA par mois, cette charge de remboursement représenterait à elle seule plus de 5 % dans le premier cas ou de 12,5 % dans le second cas des revenus de la moitié de la population. Il faut encore y ajouter le montant de la facture forfaitaire trimestrielle: 2 500 Frs CFA² dans le second cas, davantage encore dans le premier cas du fait de l'augmentation de tarif alors mise en oeuvre.

Quelle que soit la solution adoptée, on constate donc que la facture à payer représenterait un taux d'effort rédhibitoire:

¹ voir supra chapitre II.D, page 51

² forfait appliqué pour une consommation trimestrielle inférieure à 35 m³

de 8 % (crédit 5 ans) à 15 % (crédit 2 ans) au moins des revenus mensuels de plus de la moitié de la population.

Par ailleurs, de même qu'à Lomé, les classes aisées sont peu raccordées et profiteront en priorité de ces mesures d'incitation: en supposant que la classe de revenus la plus élevée¹ soit totalement raccordée, il devait encore subsister en 1986 au moins 8 000 ménages non raccordés parmi ceux des classes moyennes supérieures².

3. Discussion

Notre analyse du cas d'Abidjan³ se fonde sur une évaluation *ex-post* de l'opération de branchements sociaux, par observation du comportement réel des ménages à travers la demande effectivement exprimée. Les indicateurs que nous avons retenus pour mesurer l'impact des BS sont: d'une part le *taux de résiliation* des abonnements, d'autre part le *taux d'effort* représenté par la facture d'eau par rapport aux revenus. C'est aussi sur ce dernier indicateur, considéré comme variable explicative, que nous nous sommes appuyés pour l'évaluation *ex ante* des opérations branchements sociaux projetées au Togo et au Congo. Mais quel crédit peut-on réellement accorder à ces critères?

Un taux de réalisation élevé, même s'il révèle une certaine inadéquation de l'offre à la demande, peut s'expliquer de diverses façons. L'occupation temporaire des logements en location peut être une raison primordiale et ne remet alors pas en cause l'accessibilité financière des branchements à crédit. Aucune enquête n'a en tout cas été effectuée pour en mesurer l'importance.

Par ailleurs, la règle empirique d'un taux d'effort maximal égal à 5% des revenus a été parfois remise en question. Dès 1976, SAUNDERS et WARFORD soulignaient la difficulté d'énoncer une telle règle⁴. Dans les villes des PED qu'ils ont examinées, bien que la plupart des ménages aient consacré

¹ revenus mensuel supérieur à 70 000 Frs CFA

² revenus compris entre 40 000 (revenu médian) et 70 000 Frs CFA

³ voir supra, page 74

⁴ SAUNDERS R.J., WARFORD J.J. L'alimentation en eau des communautés rurales, publié pour la Banque Mondiale par Economica, Paris, 1976, 279 pages

moins de 5% de leurs revenus à l'eau potable, la facture des ménages du dernier quartile de revenus dépassait dans certains cas ce taux: 6,8% à Nairobi en 1970, 8,7% à Addis-Abeba en 1972, 9,3% à Manille en 1970.

Plus récemment, MU et al.¹ montraient à travers l'étude d'un village kenyan que l'application de cette règle à la prévision du choix par les ménages de leur mode d'approvisionnement mène à de sérieuses erreurs. On sait à présent que l'achat d'eau à des voisins raccordés ou à des livreurs d'eau à domicile conduit d'ordinaire les ménages qui y recourent à dépenser une part beaucoup plus élevée de leurs revenus. Dans la seconde partie, consacrée à ces phénomènes de revente de l'eau, nous montrerons néanmoins que cette aptitude particulière à payer ne peut être dissociée des modalités spécifiques de la revente, notamment de la possibilité de payer quotidiennement les volumes achetés. Il apparaîtra alors plus clairement que ce taux d'effort n'a de sens que pour une partie seulement de la population: celle qui dispose de revenus d'un niveau et d'une régularité suffisants pour leur permettre d'épargner sur un, deux ou trois mois selon les cas, le montant de la facture d'eau. **Aussi le critère du taux d'effort maximal admissible, même s'il constitue une condition nécessaire au raccordement et peut être retenu en première analyse, ne saurait-il en aucun cas être une condition suffisante.**

Confronté au souci de quantifier la demande potentielle et solvable en préalable au lancement d'une opération de BS, on dispose ainsi de deux méthodes: observer les résultats d'une opération similaire menée dans d'autres lieux, ou bien appliquer la règle empirique du taux d'effort maximal admissible. La première relève du principe d'estimation de la demande par analogie; la seconde des modèles économétriques de la demande. Nous aurons l'occasion de traiter plus en détail de ces deux grands types de méthode dans le chapitre VII. Mais les propos qui précèdent montrent assez l'insuffisance d'une approche réduite au seul calcul d'un hypothétique taux d'effort et à l'examen du taux de réalisation atteint ici ou là par une opération de branchements sociaux² et du taux de résiliation enregistré.

On peut aussi recourir à une troisième méthode: celle de l'enquête-ménage. A notre connaissance, la seule opération de BS qui ait été précédée d'une telle enquête, destinée à mieux définir la demande et la capacité financière de la population, est celle de Bangui, dans le cadre d'un programme

¹ MU X., WHITTINGTON D., BRISCOE J. Modelling Village Water Demand Behaviour: A Discrete Approach, WASH, 1988

² d'autant que les exemples sont peu nombreux

financé par la Caisse Centrale de Coopération Economique. L'enquête, menée par IDET-CEGOS en mars 1984, montrait que le seuil de revenus à partir duquel plus de la moitié des ménages estiment pouvoir payer un branchement s'établit à 50 000 Frs CFA. Or, 52% des ménages de la capitale centrafricaine disposaient alors d'un revenu inférieur¹.

L'analyse que nous avons menée plus haut, et que confirment ces derniers propos, a donc montré que **les branchements "à crédit" ou "gratuits" restent encore, dans la plupart des pays et des villes où le revenu moyen reste bas, hors de portée d'une majorité de ménages**. Les politiques de raccordements fondées sur ces principes s'apparentent alors davantage à une **politique de rattrapage accéléré de la demande -insatisfaite, mais solvable-** qu'à une véritable politique sociale.

En tant que politique d'incitation au raccordement des classes moyennes supérieures, les branchements "à crédit" ou "gratuits" ont connu en revanche un indéniable succès en Côte d'Ivoire et constituent sans doute une mesure efficace.

Ils peuvent par ailleurs fournir l'instrument privilégié d'une politique réellement sociale dans des pays où le niveau de revenu moyen des ménages est plus élevé.

A Libreville par exemple, le même raisonnement que celui mené précédemment pour Lomé et Pointe Noire conduit à conclure que l'impact d'une politique de branchements à crédit devrait être sensiblement meilleur. Le niveau de revenu des Librevillois permet en effet une plus grande marge de manoeuvre pour fixer un échelonnement des paiements qui n'excède pas le taux d'effort maximal couramment admis. Ainsi, même ramené à 12 mensualités de remboursement, le coût d'un branchement minimal² conduit à une facture moyenne représentant un taux d'effort de 5% pour un ménage disposant d'un revenu médian. Ramené à 24 mensualités, il devient accessible aux revenus du premier quartile.

Tant qu'une proportion importante de ménages demeurent non raccordés, il convient de s'interroger sur l'**équité de ces politiques** car les mécanismes de subvention des branchements

¹ HENRY A. Distribution sociale de l'eau potable (Bornes-fontaines et branchements sociaux) - Ville de Banqui (RCA), Caisse Centrale de Coopération Economique, Paris, 1986, 3 pages + 6 Annexes

² soit 106 400 Frs CFA environ en 1985, non compris les charges payables immédiatement dans le cas des branchements sociaux: avance sur consommation, frais de police, de timbre et de devis de branchement

par l'Etat ou par les Communes concernées conduisent immanquablement à les faire financer en partie par des ménages qui en sont exclus.

D. L'IMPACT DE LA TARIFICATION

1. Un service globalement subventionné

L'Organisation Mondiale de la Santé a relevé les coûts moyens de production du service "eau" ainsi que les tarifs moyens pratiqués dans différentes régions du monde¹. Bien que les données soient loin d'être fiables dans de nombreux cas, le tableau III.5 qui les résume indique cependant les tendances générales.

Il apparaît qu'un tiers seulement des pays en développement parvenait en 1983 à couvrir par le tarif les coûts totaux de production du service d'AEP et que la situation ne s'était guère améliorée depuis le lancement de la DIEPA trois ans auparavant. **Cette situation est pire encore en Afrique où l'OMS n'enregistrait qu'un seul pays pour lequel le tarif moyen excédait le coût moyen de production.** Dans la plupart des pays africains, celui-ci n'était couvert par le tarif qu'à concurrence de 50 à 70 %. L'OMS notait que ce pourcentage est sensiblement plus élevé lorsque des tarifs progressifs sont appliqués.

Dans ces conditions, le service de production et de distribution de l'eau potable est globalement subventionné par l'Etat dans de nombreux pays, en particulier africains.

L'adoption d'un tel mode de tarification, parfois appelé *socio-politique*², revient donc à rejeter les principes de couverture des coûts par la tarification au coût marginal ou au coût moyen.

¹ OMS The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade - Review of National Progress, Genève, 1987, 181 pages

² ONU Actes des Travaux du Groupe d'Experts sur la Tarification de l'Eau, réunis à Bangkok, Thaïlande, du 13 au 19 mai 1980, Commission Economique et Sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP), Water Resources Series, n 55, 1981, 83 pages

tableau III.5 COÛTS MOYENS DE PRODUCTION DU SERVICE "EAU" ET TARIFS MOYENS EN 1980 ET 1983 DANS DIFFÉRENTES RÉGIONS DU MONDE (OMS-1986)

	coût moyen (US\$/m ³)	tarif moyen (US\$/m ³)	pourcentage de pays où le tarif moyen excède le coût moyen	avec tarification progressive
Afrique	0,50 (0,40)	0,23 (0,25)	6% (27%)	64% (50%)
Amériques	0,11 (0,20)	0,19 (0,21)	78% (27%)	95% (76%)
Asie du Sud-Est	0,16 (0,10)	0,10 (0,12)	17% (0%)	75% (88%)
Moyen-Orient	0,40 (0,80)	0,33 (0,13)	56% (0%)	80% (60%)
Pacifique Ouest	0,32 (0,16)	0,25 (0,19)	46% (64%)	53% (63%)
Moyenne PED	0,40 (0,40)	0,28 (0,30)	33% (31%)	63% (56%)

Entre parenthèses: valeurs 1980

Le principal argument avancé par les pays concernés pour justifier cette politique, dont relève d'ailleurs le principe extrême de gratuité de l'eau, est celui d'**équité**. Ainsi entend-on encore souvent affirmer que le fait de charger les services d'eau est une forme de discrimination envers les segments pauvres de la population qui n'ont pas les moyens de payer pour ces services. De ce point de vue, la subvention partielle ou totale de ces derniers par l'Etat répondrait à un objectif de redistribution justifié par un impératif de politique sociale.

Il nous semble donc utile de rappeler les mécanismes par lesquels ces politiques produisent généralement des effets redistributifs inverses de ceux que l'on prétendait obtenir.

2. Les effets négatifs d'une tarification socio-politique

Lorsque le tarif ne couvre pas les coûts d'exploitation des systèmes d'AEP, des subventions doivent être accordées par l'Etat ou, parfois, par les Municipalités, pour maintenir le

service. Or, ces subventions sont proportionnelles à la consommation.

Comme les ménages aisés consomment les quantités d'eau les plus importantes, **le non-paiement de l'eau favorise en réalité les segments les plus riches au détriment des plus pauvres.** C'est ce qu'illustre la figure suivante, établie par PRUD'HOMME¹ compte-tenu des hypothèses plausibles suivantes:

- la consommation d'eau peut être considérée, en première approximation, comme proportionnelle au revenu, sauf pour les plus pauvres, pour lesquels elle est nulle. La subvention peut donc être figurée par la courbe S;
- le système fiscal est généralement proportionnel, ou légèrement régressif, ce qui permet de le représenter par la courbe I.

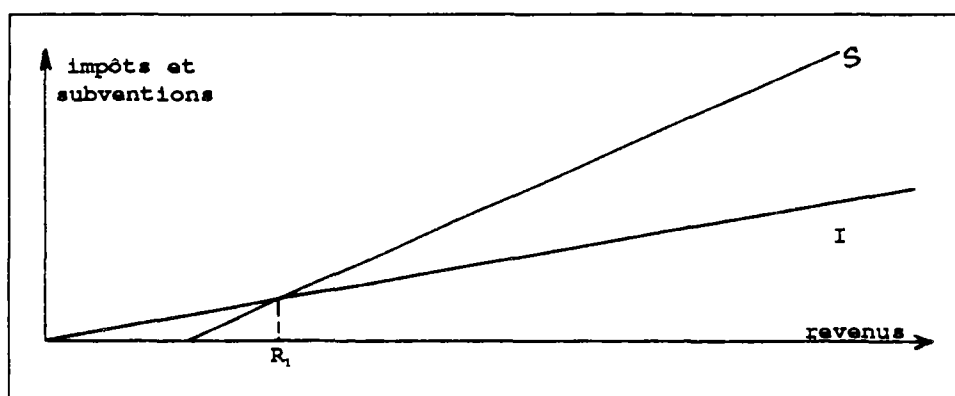


figure III.1 EFFET REDISTRIBUTIF DE LA SUBVENTION GLOBALE AU SERVICE

Ce schéma montre que, dans les hypothèses vraisemblables retenues, les individus dont le revenu est inférieur à R_1 payent plus qu'ils ne reçoivent et qu'au contraire les plus riches gagnent au jeu de la subvention.

De plus, les premiers sont fréquemment privés d'accès au réseau, ou n'y ont du moins accès que difficilement, et l'amélioration de leur situation ne peut résulter que d'investissements additionnels. Mais, par manque de revenus propres, les sociétés distributrices peuvent être dans

¹ PRUD'HOMME R. Les implications économiques d'un système de production et de distribution de l'eau: le cas de Caracas, In Actes du Colloque "Coût et prix de l'eau en ville", Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses de l'ENPC, p. 495

l'impossibilité de financer ces travaux sans recourir là encore aux budgets national et municipal. Or, les difficultés rencontrées à ce niveau pour générer des revenus par la taxation sont caractéristiques des pays en développement. **Ainsi, placées sous la tutelle de l'administration publique, les sociétés distributrices ont le plus grand mal à planifier leurs investissements à cause de l'incertitude d'en trouver le financement.**

Il faut ajouter que cette situation de dépendance financière fait apparaître le risque que la compagnie ne soit plus libre d'utiliser les fonds comme elle l'entend, par exemple dans les quartiers où les travaux sont nécessaires. Des considérations politiques peuvent en effet ne pas coïncider avec les besoins les plus pressants. *Les interventions politiques conduisent donc dans ce cas à la fois à une allocation inefficace des ressources et à une redistribution négative des revenus des plus pauvres aux plus riches.*

La gratuité de l'eau distribuée aux bornes-fontaines, dont nous avons décrit les effets précédemment, relève de cette démarche socio-politique et en illustre l'inefficacité. Le taux de raccordement plafonne à des niveaux très bas; le niveau de production où des économies d'échelle génèrent des revenus n'est pas atteint et les sociétés distributrices se trouvent dénuées de toute capacité d'autofinancement. Au mieux, la situation ne peut que rester inchangée. En fait, elle s'est même souvent aggravée puisque le non-recouvrement chronique des factures adressées aux Municipalités a finalement abouti à la fermeture du plus grand nombre de ces ouvrages¹.

Par ailleurs, le souci même de réduire le déficit des sociétés distributrices peut conduire celles-ci à effectuer des choix budgétaires renforçant les effets allocatifs inéquitables mis en évidence ci-dessus. Tel est en effet le cas lorsque ces sociétés ont tendance à satisfaire d'abord les besoins les plus rentables. Ainsi que l'explique PRUD'HOMME: "cela signifie que ces dirigeants seront tentés de satisfaire les besoins des industriels avant ceux des ménages, ceux des zones de plaine avant ceux des hauteurs, ceux des ménages gros consommateurs avant ceux des ménages petits consommateurs, ceux des zones "contrôlables" (où l'on peut faire payer les consommateurs) avant ceux des zones "incontrôlables". **Les types de consommation et de consommateurs que le tarif cherche à favoriser risquent ainsi d'être défavorisés dans**

¹ voir supra page 37

***l'allocation des investissements et des dépenses d'entretien*"¹.**

Un autre effet allocatif du système doit enfin être mentionné, même s'il n'est pas nécessairement négatif: le fait que l'eau soit vendue en dessous de son prix de revient et qu'elle soit subventionnée favorise la consommation et la production d'eau, relativement à celle des autres biens et services. Là encore, PRUD'HOMME en explique le mécanisme à propos du cas de Caracas: "Si la subvention était éliminée et si le prix de l'eau était élevé, la consommation d'eau diminuerait. Corrélativement, la consommation d'autres biens augmenterait. Ces biens seraient des biens offerts par l'Etat (si la subvention était allouée à d'autres secteurs comme la santé ou l'éducation), ou des biens privés (si l'élimination de la subvention se traduisait par une diminution des impôts). De toutes façons, une part des ressources économiques rares consacrées à la production d'eau et d'assainissement serait consacrée à la production d'autres biens et services. Il ne s'agit pas ici de savoir si un tel changement serait souhaitable, mais de noter le fait de ce changement"².

3. Effets distributifs des structures tarifaires progressives

La nécessité d'une certaine redistribution des revenus à travers le tarif n'a cependant pas échappé aux sociétés distributrices puisque la plupart d'entre elles ont dorénavant choisi d'appliquer une tarification progressive, comme le montre le tableau III.5³. Quelle que soit la modulation choisie pour sa structure (nombre et plafonds des tranches, tarif appliqué à chacune d'entre elles), la première tranche, généralement dénommée *tranche sociale*, est prétendument conçue de façon à subventionner la consommation des ménages les plus pauvres par celle des ménages les plus riches.

Le principe, expliqué ci-avant dans le chapitre II.E, repose de façon pertinente sur la corrélation habituellement observée entre niveaux de consommation et de revenus.

Malheureusement, là encore, des effets indirects participent à une redistribution inverse des revenus des plus pauvres aux plus riches, contrairement à l'objectif poursuivi.

¹ PRUD'HOMME, *idem*, p. 494; c'est nous qui soulignons.

² PRUD'HOMME, *ibid*, p. 493

³ voir *supra*, page 82

La première source d'implications redistributives fâcheuses réside dans la distinction tarifaire opérée entre usagers industriels et commerciaux d'une part, et usagers domestiques de l'autre. Les premiers, qu'ils fassent ou non l'objet d'une tranche tarifaire spécifique, payent l'eau plus cher que les seconds. Le problème est alors analogue à celui exposé précédemment pour les effets redistributifs des subventions¹ et s'analyse au moyen d'un schéma identique² dans les termes suivants³.

Le bénéfice du transfert est fonction de la consommation et du revenu, et se représente par une courbe semblable à la courbe S de la figure III.1⁴.

Le coût n'est pas "supporté" par les entreprises et leurs propriétaires (comme on le suppose parfois un peu naïvement). Il est répercuté dans les prix des produits. La consommation des produits étant, comme les impôts, proportionnelle ou régressive par rapport au revenu, la contribution des ménages a la forme qu'indique la courbe I.

Aussi peut-on conclure, avec PRUD'HOMME, qu'ici encore, il y a lieu de croire que ***l'effet redistributif net du surprix payé par les entreprises est plutôt régressif.***

La seconde cause d'implications redistributives provient des phénomènes de revente de l'eau par les particuliers. Ainsi que nous le soulignons dans une communication⁵, ces effets sont plus nets et plus graves puisque ***l'existence d'une tranche sociale conduit, partout où la revente est très courante et où le plafond de consommation de la tranche sociale est suffisamment bas, à faire subventionner ses actuels bénéficiaires par une catégorie plus pauvre n'y ayant pas accès.***

¹ voir supra, page 84

² voir figure III.1

³ empruntés à PRUD'HOMME, ibid, p. 495

⁴ voir supra, page 84

⁵ MOREL A L'HUISSIER A. Distribution sociale de l'eau en Afrique Noire: comparaison des performances économiques des systèmes distributifs et redistributifs, In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 déc. 1988, Presses de l'ENPC, p. 452

Le cas d'Abidjan, dans les conditions que décrivait SAINT-VIL en 83¹, illustre bien ces effets redistributifs. La plupart des revendeurs n'écoulaient alors pas plus de 4 m³ par jour, correspondant à une clientèle d'une vingtaine de familles. Si l'on fait l'hypothèse -vraisemblable- que la quantité revendue par ces innombrables revendeurs à leurs voisins est presque toujours supérieure à 1 m³ par jour et que l'on y ajoute les volumes consommés directement par le ménage du revendeur, on en déduit que le niveau de consommation de celui-ci le place dans une des tranches supérieures de facturation². Les volumes revendus rapportent donc plus à la SODECI que leur coût moyen de production. La consommation des ménages facturés selon la tranche sociale ou selon la première tranche normale se trouve ainsi largement subventionnée par les clients des revendeurs, qui représentaient, rappelons-le, 40% environ de la population d'Abidjan en 83.

Le cas de Brazzaville est similaire³. D'après l'enquête préliminaire à l'élaboration du Plan Quinquennal 1982-1986, le même pourcentage de la population qu'à Abidjan avait recours à l'achat d'eau auprès de voisins, soit 40%, et la clientèle de chaque revendeur comptait en moyenne 13 ménages. Compte-tenu d'une consommation moyenne spécifique de 15 litres/jour/habitant et d'une taille moyenne de ménage de 6 personnes, chaque revendeur écoule donc en moyenne 35 m³ par mois, soit 105 m³ par trimestre, ce qui le place dans la plus haute des trois tranches progressives de consommation domestique que la SNDE distinguait en 1983 (Consommation trimestrielle > 100 m³). Or, cette tranche était la seule tarifée à un niveau supérieur au coût moyen de production⁴. Les consommateurs des deux tranches inférieures (0-35m³ et 35-100m³), qui représentaient 90% des abonnés domestiques, étaient donc très largement subventionnés par les clients des revendeurs. Là encore, la tarification dite "sociale" aboutit en réalité à faire subventionner par les plus pauvres la consommation de ménages raccordés.

¹ voir infra, chapitre IV.A.1, pp 107-110

² la SODECI appliquait en 1985 les tarifs suivants:

- 0-10 m³: 99 Frs CFA/m³ (compteur 15mm)
- 0-30 m³: 261 Frs CFA/m³
- 31-100 m³: 330 Frs CFA/m³
- >100 m³: 458 Frs CFA/m³

³ voir infra, chapitre IV.A.1, pp 110-113

⁴ Société Nationale de Distribution d'Eau Le prix du mètre cube d'eau au Congo; rapport interne SNDE; Brazzaville; mars 1984

4. Tarification au coût marginal et revente de l'eau

Au-delà des critiques désormais bien connues que l'on formule à l'encontre de la tarification au coût marginal, il nous semble primordial d'attirer l'attention sur un obstacle de nature théorique qui en limite singulièrement l'application.

Comme nous l'avons vu précédemment¹, une des hypothèses qui fondent la validité de cette théorie est l'identification, à un niveau de consommation quelconque q , de l'utilité marginale associée pour l'utilisateur à la dernière unité de volume consommée au tarif unitaire payé par celui-ci. Or, ceci devient faux dès lors que le consommateur doit non seulement payer l'eau mais aussi parcourir une certaine distance pour se la procurer. En effet, le coût total pour l'utilisateur de la consommation d'une quantité q est alors la somme du prix d'achat et d'un coût d'accès au point de vente, dépendant notamment de la distance d qu'il doit parcourir:

$$C(q) = P \cdot q + C_{\text{accès}}(q, d) \text{ , où } P \text{ est le tarif unitaire de vente de l'eau;}$$

Dans ce cas, après maximisation du surplus de l'utilisateur², la consommation de celui-ci s'établit à un niveau q tel que:

$$dU/dq = dC/dq = P + dC_{\text{accès}}/dq$$

L'utilité marginale pour l'utilisateur n'est donc plus seulement égale au tarif unitaire P : il s'y ajoute le coût marginal d'accès au point de vente de l'eau, dépendant de q et de la distance parcourue.

Dans le cas, fréquent dans les villes africaines, où un nombre important de ménages doit s'approvisionner à des revendeurs de voisinage ou à des bornes-fontaines payantes³, la méthode de tarification au coût marginal n'est donc d'aucun secours et l'on doit recourir à une autre méthode pour choisir un tarif économiquement efficace. Nous développerons une telle méthode dans le chapitre VIII, en nous appuyant sur la théorie de l'analyse économique spatiale.

¹ voir supra, chapitre II.E.1 page 55 et suivantes

² défini, rappelons-le comme l'utilité $U(q)$ que cette consommation lui procure diminuée du coût total $C(q)$

³ voir infra, seconde partie consacrée aux systèmes redistributifs

CONCLUSION

Nous avons montré, à travers l'examen des coûts moyens de production du service "eau" et des tarifs moyens enregistrés par l'OMS, la tendance générale des gouvernements à subventionner ce service, particulièrement en Afrique. Ces données datent de 1983 et il serait hautement souhaitable de les actualiser. Mais les entretiens que nous avons pu mener en 85 et 86 avec les responsables de diverses sociétés distributrices et de leurs autorités de tutelle nous ont confirmé la force avec laquelle on croit encore à la nécessité sociale de maintenir des tarifs bas. C'est pourquoi il nous a paru indispensable d'explicitier ici les mécanismes par lesquels les subventions produisent généralement un effet régressif, inverse de celui que l'on veut obtenir.

Si ces effets économiques vont à l'encontre des idées reçues, ils sont cependant dénoncés avec force par les bailleurs de fonds, dont l'action vise à promouvoir des institutions viables, à réduire les déficits publics et à appuyer des projets répliquables et bénéficiant en priorité aux plus pauvres.

Il nous semble en revanche que les instruments des politiques sociales de l'eau entraînent d'autres effets économiques indirects et fâcheux qui demeurent ignorés ou méconnus, y compris des bailleurs de fonds qui en sont souvent les instigateurs. Nous avons en effet montré que les conditions liées à la mise en oeuvre des branchements sociaux et des tarifications progressives avec tranche basse subventionnée favorisent parfois une redistribution inverse des revenus ou un "dérapage de cible":

(a) le plus souvent, même lorsqu'un pays obtient les financements nécessaires à une vaste opération de branchements sociaux (BS) et aux travaux préalables d'extension du réseau, le nombre de branchements prévu sur la durée du projet suffit à peine à satisfaire la demande potentielle des nombreux ménages non raccordés appartenant aux catégories moyennes-supérieures;

(b) les conditions d'attribution des BS entraînent elles-même l'exclusion de nombreux ménages parmi les plus pauvres. C'est le cas des habitants sans titre foncier ou permis d'occupation, de leurs locataires, de ceux qui ne peuvent justifier d'un revenu inférieur au plafond fixé parce qu'ils

¹ voir tableau III.5 page 82

relèvent du secteur informel, et plus largement de tous ceux - bien souvent illétrés- pour lesquels les démarches administratives nécessaires à la constitution d'un dossier de demande relèvent d'un insurmontable parcours du combattant;

(c) même lorsque les dispositions financières sont très favorables aux bénéficiaires des BS (longue durée de remboursement et faible taux d'intérêt, ou taxe de raccordement faisant supporter le coût des BS par tous les usagers), le coût réel d'un branchement social s'avère vite prohibitif pour son bénéficiaire: il doit non seulement s'acquitter d'une avance sur consommation représentant souvent plus d'un mois de revenus, mais encore surmonter la contrainte d'une facture périodique largement grevée par les traites de remboursement. Or, la plupart des faibles revenus sont aussi quotidiens et irréguliers et n'autorisent que très difficilement d'épargner sur 1 ou 2 mois le montant de ces factures;

(d) dès lors que les pratiques de revente de voisinage sont largement répandues, l'existence d'une tranche sociale avec plafond de consommation suffisamment bas conduit à faire subventionner ses actuels bénéficiaires par les clients des revendeurs, c'est-à-dire par une catégorie plus pauvre de la population n'ayant pas accès au service.

Dans les conditions économiques qui sont celles de la plupart des pays d'Afrique Noire, l'élaboration d'une politique réellement "sociale" de l'eau s'avère donc pleine d'embûches. Les branchements à crédit ou "gratuits" risquent généralement de ne profiter qu'aux ménages des catégories moyennes supérieures de revenu. Par ailleurs, les mécanismes théoriques de subvention des tarifs sociaux peuvent occulter d'autres effets redistributifs inverses.

La fermeture des bornes-fontaines gratuites ne constitue pas, à elle seule, une mesure d'incitation suffisante au raccordement et provoque plus d'effets fâcheux, voire dramatiques sur le plan sanitaire, qu'elle ne résoud de problèmes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE

Alimentation en eau potable, urbaine et villageoise, dans les centres de l'intérieur, Cahier des Charges d'Affermage, Ministère de l'Hydraulique, Abidjan, 24 juin 1974

Alimentation en eau potable d'Abidjan. Etude de viabilité. Rapport n 6

Alimentation en Eau Potable d'Abidjan. Annexe 2: Les besoins en eau

BANQUE MONDIALE Sector Operations Review: the Water Supply and Waste Disposal Program in Tunisia, Report N 4146, The World Bank, Washington D.C., 1982, p. 37

BANQUE MONDIALE Rapport d'Evaluation du Projet d'Alimentation en Eau Potable de Lomé, avril 1983

BANQUE MONDIALE Hashemite Kingdom of Jordan: Jordan Water Supply and Sewerage Project, Staff Appraisal Report N 6056-JO, The World Bank, Washington D.C., 1986, p. 24

BANQUE MONDIALE Algeria: Second National Water Supply and Sewerage Project, Staff Appraisal Report N 6582a, The World Bank, Washington D.C., 1987, p.28

BAUMOL W.J., BRADFORD D.F. "Optimal departures from marginal cost pricing", In American Economic Review, 1970, pp 265 à 283

BCEOM, BRGM Alimentation en Eau de Lomé: analyse de la demande ; Direction de l'Hydraulique et de l'Energie ; Lomé ; octobre 83; 31 pages

BCET - SCET IVOIRE Projet de Développement Urbain des Villes de l'Intérieur 1981-1983: Korhogo - Programme de restructuration; Annexe socio-économique; Abidjan; 1980, 43 p.

BCET Alimentation en Eau Potable de la Ville de Korhogo: Avant-Projet; Direction Centrale de l'Hydraulique; Abidjan; décembre 1980; 10 p.

BCET - SAFEGE Alimentation en Eau Potable - Tranche 1983-1984 - Ville de Korhogo; Plans au 1/5 000ème et au 1/2 000ème; Direction Centrale de l'Hydraulique; Abidjan; 1983

CHAPPEY M. "Systèmes de tarification en Afrique", In Aqua, vol. 29, n 2, pp. 13-26, 1980

DIANZINGA F. L'eau dans Brazzaville et les services publics de l'eau: réflexions sur l'adaptation d'une organisation technique à son environnement social, culturel et urbain; Thèse de 3ème cycle; I.U.P. Grenoble; 1984; 285 pages + Annexe

FALL A.B. "La tarification de l'eau" In Bulletin d'Informations de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; n 12; 1985

FALL A.B. "La tarification de l'eau au Sénégal", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 535 à 541

GHOOPRASERT W., Communication Personnelle, Provincial Waterworks Authority, Thaïlande, 1989

GOUARNE V. "La pratique des études de tarification de l'eau dans les PVD" In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 542 à 552

Gouvernement du Togo Plan Décennal de Développement du secteur Alimentation en Eau Potable et Assainissement; Lomé; mai 1984

HENRY A. Distribution sociale de l'eau potable (Bornes-fontaines et branchements sociaux) - Ville de Banqui (RCA), Caisse Centrale de Coopération Economique, Paris, 1986, 3 pages + 6 Annexes

Le marché des canalisations d'eau potable en Afrique dans le cadre de la Décennie de l'eau - UADE - Congrès de Libreville - 10-15 juin 85; Livre Blanc présenté par Pont-à-Mousson SA;

MARGAT J., ERHARD-CASSEGRAIN A. Introduction à l'Economie Générale de l'Eau, Masson, Paris, 1983

Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique du Congo Programme d'Hydraulique Humaine - Eléments fondamentaux de la situation actuelle; Brazzaville; 1984

MOREL A L'HUISSIER A. La gestion des équipements collectifs à Ebolowa (Cameroun) Travail de Fin d'Etudes, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Paris, 1982

MOREL A L'HUISSIER A. Distribution sociale de l'eau en Afrique Noire: comparaison des performances économiques des systèmes distributifs et redistributifs, In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 déc. 1988, Presses de l'ENPC

MOUIRI G. Les bornes-fontaines en Afrique ; UADE ; Congrès de Libreville, 10-15 juin 85; Livre Blanc présenté par la Société d'Energie et d'Eau du Gabon;

MU X., WHITTINGTON D., BRISCOE J. Modelling Village Water Demand Behaviour: A Discrete Approach, WASH, 1988

MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Shadow pricing and the evaluation of public utility projects, The World Bank, Washington D.C., 1977

MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Electricity pricing, John Hopkins Press, Baltimore, 1982

MUNASINGHE M. Principles of Water Supply Pricing in Developing Countries, LAC N IDP-19, The World Bank, Washington D.C., 1988

MUNASINGHE M. "Contemporary Water Supply Efficiency in Developing Countries", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 589 à 606

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade - Review of National Progress, Genève, 1987, 181 pages

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) International Drinking Water Supply and Sanitation Decade: Towards the Targets (an overview of progress in the first five years of the IDWSSD), WHO Community Water Supply and Sanitation Unit, Genève, Suisse, 1988, 15 pages

Organisation des Nations Unies (ONU) Actes des Travaux du Groupe d'Experts sur la Tarification de l'Eau, réunis à Bangkok, Thaïlande, du 13 au 19 mai 1980, Commission Economique et Sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP), Water Resources Series, n 55, 1981, 83 pages

ORSTOM-Architectes Sans Frontières-Groupe A.U.I. Les Villes du Togo: Bilan et Perspectives; Direction Générale du Plan et du Développement; Banque Mondiale-FAC-PNUD ; décembre 1984

POULIQUEN Y. Major Issues in the Water and Sanitation Sector; Banque Mondiale; Infrastructure and Urban Development Department; Décembre 1988; 6 p.

Provincial Waterworks Authority Coin-Operated Standposts, Rapport Final préparé pour GTZ, Research Division, Analysis and Evaluation Department, Thaïlande, 1989, 19 pages + 7 Annexes

PRUD'HOMME R. "Les implications économiques d'un système de production et de distribution de l'eau: le cas de Caracas", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville", Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses de l'ENPC; 1988; pp 487 à 499

Régie Nationale des Eaux du Togo Données caractéristiques - Centre de Lomé; Lomé, 1982, 1983 et 1984

Régie Nationale des Eaux du Togo Tarifs pour vente d'eau et branchements; Direction Générale; Lomé; Circulaires du 16 juin 1982 et du 11 mars 1985

Régie Nationale des Eaux du Togo Plan du Réseau d'Eau Potable - Ville de Lomé - échelle 1/10 000ème; Mise à jour de janvier 1985; Lomé; 1985

ROURE J. Les bornes-fontaines en milieu tropical africain, In Informations et Documents, BCEOM, n 10, 1973, pp. 15-26

SAFEGE Plan Directeur de l'Alimentation en Eau Potable de la Ville de Lomé, Ministère des Travaux Publics, des Mines, de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Lomé; mars 1982

SAFEGE Alimentation en eau potable. Ville de Pointe-Noire. Schéma Directeur de Distribution d'Eau; Ministère de l'Energie et des Mines; Société Nationale de Distribution d'Eau; Brazzaville; 1984, 3 dossiers:

1. "Analyse de la situation actuelle et étude des besoins";
2. "Schéma Directeur de distribution d'eau";
3. "Avant-Projet Détaillé de la Première tranche et étude de viabilité économique et financière";

SAFEGE Etude du Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable de Libreville - NTOUM - 5ème tranche; Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Société d'Energie et d'Eau du Gabon; Libreville; 1984, 3 volumes:

1. "Mémoire descriptif et justificatif";
2. "Notes Préliminaires";
3. "Résultats des calculs du réseau de distribution"; Plans.

SAINT-VIL J. "L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue, les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan", In Cahiers ORSTOM, série Sci. Hum., vol. XIX, n 4, 1983, pp 471 à 489

SAUNDERS R.J., WARFORD J.J. L'alimentation en eau des communautés rurales, publié pour la Banque Mondiale par Economica, Paris, 1976, 279 pages

SECK N. "Rapport Général session n 2 Les Branchements Sociaux"; In Actes du V^{ème} Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; Libreville; 10-15 juin 85;

SECK N. "Les branchements sociaux" In Water Supply; Vol 3, n 4; 1985

SERI G. "Politique de branchements sociaux en Côte d'Ivoire" ; In Actes du V^{ème} Congrès de l'UADE ; Libreville ; juin 85

Société Nationale de Distribution d'Eau Le prix du mètre cube d'eau au Congo; rapport interne SNDE; Brazzaville; mars 1984

TECHNOSYNESIS Schéma Directeur d'Urbanisme de Lomé ; Direction Générale de l'Urbanisme et de l'Habitat; Lomé; 1979

URBANOR Schéma Directeur de Pointe Noire: Etude socio-urbaine; Mission d'Urbanisme et d'Habitat au Congo, Ministère congolais de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction; Paris; 1980

SECONDE PARTIE:

STRUCTURE ET FONCTION DES
SYSTEMES REDISTRIBUTIFS

*"The presence and value of an
indigenous private sector in
developing countries need
enhanced recognition"*

W.A. CLAUSEN, Président de la
Banque Mondiale, 1985

INTRODUCTION DE LA SECONDE PARTIE

Nous dirons qu'il y a **redistribution** dès lors que l'eau produite et distribuée par la société distributrice est **revendue** par un tiers. Celui-ci peut être ou non:

- un client de la société distributrice;
- lié à la société distributrice par un contrat l'autorisant à pratiquer son activité sous certaines conditions;

Il peut être une personne physique ou morale; dans ce dernier cas, il peut s'agir d'une société commerciale, d'une association, d'une collectivité locale, etc.

Les trois principaux types d'activité de redistribution que nous avons pu repérer et dont nous développerons l'analyse dans cette seconde partie sont les suivantes:

- **la revente de voisinage**: le revendeur d'eau met à la disposition de ses voisins l'eau de son branchement;
- **la gestion déléguée de bornes-fontaines publiques** sous contrat (affermage, concession,...);
- **les services de livraison/portage** de l'eau potable, pouvant être associés à l'une des deux activités précédentes et pratiqués par le même opérateur ou par un opérateur différent.

On peut donc constater que notre définition de la redistribution se fonde sur trois critères essentiels:

- un critère *économique*: par définition, un acte marchand est impliqué, à savoir la fourniture d'un bien (l'eau) et d'un service (sa distribution);
- un critère *institutionnel* du fait de la nécessaire intervention d'un opérateur distinct de la société distributrice dans la réalisation de l'acte;
- un critère *technique* puisque l'eau doit avoir été préalablement produite et distribuée par la société distributrice.

Cette définition suffit-elle à définir un système?

A partir des quelques rares études de cas collectées dans la littérature ou menées par nous-mêmes, nous montrerons que l'ensemble des activités ainsi regroupées est dotée d'une

certaine unité structurelle lui conférant la plupart des propriétés classiquement attribuées au "secteur informel" de l'économie urbaine.

Après avoir décrit quelques cas de revente de voisinage (IV.A) et de revente par livraison/portage (IV.B), nous tenterons de comparer les propriétés structurelles des réseaux de distribution et de redistribution et d'expliquer leurs différences majeures par les modes d'organisation spécifique de chacun des systèmes (IV.C).

L'analyse structurelle des "réseaux" de revente nous permettra d'ébaucher une économie territoriale de la distribution d'eau prenant pour la première fois en compte ces pratiques. Les outils et les concepts utilisés pour l'analyse sont ceux développés par DUPUY et le groupe "Réseaux". Nous n'en rappellerons ici que les définitions succinctes et renvoyons pour plus de détails à l'ouvrage que G. DUPUY a consacré aux fondements d'une théorie de la "réseautique territoriale".

Après avoir démontré la dépendance hiérarchique dans laquelle se situent les réseaux redistributifs vis-à-vis des réseaux de distribution, il s'agira de donner un sens à ces structures. A quelles fonctions économique et sociale répondent-elles? Les systèmes de distribution et de redistribution doivent-ils être considérés comme complémentaires ou bien comme concurrents? Seul un détour par la notion de "secteur informel" de l'économie urbaine permet de saisir toute l'importance du rôle des systèmes redistributifs et d'en définir la fonction propre.

Le chapitre V présente donc tout d'abord une analyse bibliographique de la littérature consacré au "secteur informel" (V.A), puis examine dans quelle mesure la structure des systèmes redistributifs relève de ce secteur (V.B). Nous montrerons ainsi que les activités de revente s'intègrent dans un système plus vaste de l'économie urbaine dont la fonction dominante est ***l'équilibre de la pénurie*** caractéristique de ce système: au sein du circuit de distribution d'eau, la revente remplit une fonction régulatrice et garantit à ceux qui y recourent une protection contre toutes sortes d'aléas: économiques, politiques, fonciers, climatiques et techniques.

Le chapitre VI a pour objet de montrer, à travers l'étude de quelques cas réels, que les sociétés distributrices disposent d'outils privilégiés pour intervenir sur le marché de la redistribution et pour réguler celui-ci. Il s'agit des *contrats d'exploitation déléguée des bornes-fontaines*. Nous

examinerons tout d'abord (VI.A) les cas d'affermage des bornes-fontaines à des particuliers à travers les exemples de Kigali (Rwanda) et de Bangui (Centrafrique). Puis nous développerons (VI.B) celui de la concession des bornes-fontaines aux comités de quartier qu'illustrera la cas de Ouagadougou.

Nous montrerons en outre que la revente d'eau sous contrat de gestion déléguée revêt en général les mêmes caractéristiques structurelles que la revente privée. Ce résultat justifie a posteriori notre choix de la classer au sein du même système que celui dont relève la revente privée et que nous appelons "redistributif".

A ceci près que le contrat de gestion déléguée la "formalise", elle relève elle-même largement du secteur informel et possède aussi cette fonction régulatrice d'adaptation à la pénurie.

La diversité des objectifs auxquels les quelques opérations décrites répondent, des contextes dans lesquels elles se situent et des résultats obtenus nous permettra (VI.C) de formuler des recommandations quant au choix des modalités contractuelles, techniques et tarifaires de la gestion déléguée, susceptibles d'assurer une réallocation du service à la fois économiquement efficace et socialement équitable.

chapitre IV. STRUCTURE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS

A. LA REVENTE PRIVÉE DE VOISINAGE

La revente privée de voisinage est une pratique extrêmement courante dans les villes des pays en voie de développement, mais n'est rapportée que depuis peu dans la littérature. Elle recouvre une grande diversité de formes, tant du point de vue de l'organisation que de la technologie mise en oeuvre, et peut s'inscrire dans un territoire d'échelle éminemment variable, dont le terme de "voisinage" rend mal compte.

1. Le cas d'Abidjan

L'étude des modes de distribution d'eau d'Abidjan par SAINT VIL en 83¹ comporte l'une des rares descriptions quelque peu détaillées d'un système de revente de voisinage.

"Dans maints quartiers populeux, explique Jean SAINT VIL, les points de vente se succèdent tous les 30 - 50 mètres. Les revendeurs les plus prospères sont ceux qui ont le monopole de la vente sur une vaste zone, en particulier dans les quartiers mal desservis où ils sont souvent les pionniers".

Les installations de vente de l'eau au détail sont de deux types: "le plus courant est constitué par un tuyau en PVC, en forme de J renversé dont le bec est à environ 1,80 m du sol. Cette position permet aux clientes (ce sont les femmes généralement qui achètent de l'eau) de remplir aisément les gros récipients en les gardant sur leur tête. Le robinet peut se trouver soit à l'extérieur, donc au droit du J, soit plus rarement à l'intérieur de la maison du revendeur. Cette dernière localisation dispense de l'utilisation d'un cadenas qui sert à éviter les vols d'eau en l'absence du propriétaire. Sinon celui-ci peut faire installer un robinet à tête amovible qui n'est monté qu'aux moments de la vente.

"Ce premier type d'installation peut être tout-à-fait isolé dans le cas des cours à faible coefficient d'occupation du

¹ cas décrit par SAINT VIL J. L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue - les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan; cahier ORSTOM, sér. Sci. Hum., vol. XIX, n°4, 1983, pp. 471 à 489.

sol. Dans les autres cas, il est fixé à même le logement ou la boutique.

"Le deuxième type d'installation comprend deux prises: en plus du bec en J, on trouve une prise à environ 1 mètre, prévue pour remplir les récipients posés à même le sol, en particulier les jerricanes et les fûts. Mais la commande se fait par un seul robinet.

"Les vendeurs utilisent souvent des tuyaux en plastique comme raccords qui permettent d'éviter les pertes, notamment quand il existe une distance de plus d'un mètre entre la prise et le récipient à remplir.

"Le plus souvent ces points de vente ne sont pas branchés sur le système d'assainissement de la ville et l'eau qui déborde ou tombe des récipients stagne alentour jusqu'à ce qu'elle s'évapore aux heures les plus chaudes de la journée. On aurait tort de croire que ces installations sont toujours proches des compteurs d'eau. Il n'en est pas toujours ainsi car nous avons observé des cas où le point de vente était situé à plus de 100 mètres du compteur. Il est inutile de souligner les multiples tractations auxquelles donne lieu cette activité, car les propriétaires des terrains abritant le compteur et/ou le point de vente obligent souvent les revendeurs à leur verser une redevance mensuelle qui contribue à grever leurs bénéfices.

"La revente d'eau est généralement une activité annexe confiée à l'une des femmes du revendeur ou à l'un des jeunes membres de sa famille, l'activité principale correspondant à un commerce, un métier manuel ou un emploi quelconque.

"On ne saurait oublier une catégorie très spéciale de revendeurs pratiquement professionnels: ils possèdent plusieurs points de vente dans un même quartier ou dans plusieurs quartiers à la fois. Les Nigériens, communément appelés Nago en Côte d'Ivoire, représentent les grands de ce commerce. Certains d'entre eux réaliseraient, dit-on à la SODECI, plus de 100 000 Frs CFA de chiffre d'affaires.

"Ces ventes au détail, explique encore SAINT VIL, sont effectuées toute la journée de 6 à 19 heures avec deux pointes: l'une matinale s'étendant jusqu'à 9 heures et qui correspond à la période de la première toilette et du stockage de l'eau pour les besoins domestiques; la seconde est plutôt vespérale: liée à la seconde toilette et au dîner, elle commence vers 16 heures.

"En dépit du caractère illégal de la revente de l'eau, la SODECI est obligée de composer avec ce secteur. Elle a établi dans ses registres un code spécial "revendeurs d'eau", le code V. Les revendeurs sont astreints au paiement d'une caution

assez élevée -au moins 80 000 Frs CFA- qui a été instaurée pour diminuer les énormes impayés de certains d'entre eux.

"Même en dépouillant les listings de la SODECI, il est impossible de recenser les revendeurs d'eau d'Abidjan, tant la vente clandestine est un phénomène courant."

SAINT VIL décrit également la tarification en vigueur dans ce secteur de la revente et démontre que ces activités rapportent peu aux propriétaires des "pompes", en dépit de prix unitaires de vente 5 à 10 fois plus élevés que les tarifs de la SODECI:

"L'eau vendue au détail revient beaucoup plus cher au citoyen: environ 1 F le litre contre 0,09 F pour la tranche sociale et 0,26 F pour le plein tarif. La perte est donc considérable pour l'acheteur dans les quartiers populaires dont une enquête a démontré en 1980¹ qu'à volume égal, sa dépense journalière pour l'eau était cinq fois plus élevée que s'il était abonné."

Le tarif moyen de 1 F le litre n'est qu'une moyenne grossière, car il n'existe aucune rigueur dans les mesures. Les prix varient simplement suivant la taille des récipients, mais le litre revient d'autant moins cher que le récipient est plus volumineux comme le prouve le tableau IV.1 ci-après.

tableau IV.1 PRIX DE VENTE AU DÉTAIL DE L'EAU À ABIDJAN EN FÉVRIER 1983 (source: SAINT-VIL, ibid)

capacité des récipients (l)	4-5	10	15-20	30-60	80	100	200
prix de vente suivant taille	5F	10F	15F	25F	60F	75F	150F
prix de revient moyen au litre	1F	1F	0,8F	0,7F	0,7F	0,7F	0,7F

"Ces prix sont assez stables d'un quartier à l'autre, les variations concernent essentiellement les grands récipients, en particulier les fûts de 200 litres qui se vendent 125 F à Adjamé, 175 F à Yopougon et 200 F à Anono. Précisons qu'en ce qui concerne les fûts, le litre revient en fait plus cher à l'acheteur (1,5 F) qui doit compter 100 à 200 F pour le transport [...]"

¹ Alimentation en eau potable d'Abidjan. Etude de viabilité. Rapport n 6: 40 - 41

Du fait de la concurrence, les bénéfices du revendeur "dépassent rarement 40 000 Frs CFA par mois (...) Dans l'ensemble, la revente d'eau est une activité de peu de rapport: 2 à 3 000 F par jour, affirment la plupart des revendeurs, qui n'écoulent pas plus de 4 m³/j en moyenne, comme le prouvent les résultats des enquêtes citées dans le Plan Directeur en Eau¹.

Cette quantité correspond à la consommation d'eau d'une vingtaine de familles (120 à 140 personnes)."

2. Le cas de Brazzaville

DIANZINGA consacre une partie de son travail de thèse sur Brazzaville à l'observation des pratiques de revente d'eau. Il montre qu'un commerce privé de revente de l'eau s'est développé avec la fermeture de toutes les bornes-fontaines entre 1970 et 1977. Au tournant de la Décennie, les propriétaires de branchements revendant l'eau à leurs voisins jouaient un rôle essentiel dans l'approvisionnement en eau des Brazzavillois. Une enquête préliminaire à l'élaboration du Plan Quinquennal 1982-86 a permis en effet d'estimer à 40% la proportion de ménages y ayant recours².

Comme à Abidjan, les deux échelles de la revente se retrouvent à Brazzaville: la vente au détail et la vente en gros.

La vente de l'eau au détail est un commerce de proximité limité au voisinage de quelques familles: 13 ménages en moyenne par revendeur, d'après l'enquête mentionnée ci-avant. La vente au détail se pratique surtout dans les vieux quartiers populaires de Brazzaville: Poto-Poto et Baongo. Le seau d'eau et la dame-jeanne d'une quinzaine de litres étaient vendus en 84 de 10 à 15 Frs CFA, et le petit bidon de 5 litres, 5 Frs CFA, soit l'équivalent de 700 à 1 000 Frs CFA par mètre cube. Le tarif à la vente aux branchements particuliers était alors de 62 Frs CFA/m³ pour les 25 premiers m³ mensuels.

¹ Alimentation en Eau Potable d'Abidjan. Annexe 2: Les besoins en eau, T2, 106.

² "Plan Quinquennal 82-86 du de la République Populaire du Congo"; In Jeune Afrique; no 1127 du 11 août 1982

La vente de l'eau au fût¹, ou vente "en gros", est plus courante dans les quartiers périphériques où les propriétaires de branchement sont très peu nombreux. La concurrence étant limitée, les prix pratiqués par les revendeurs sont deux fois plus élevés. Le nombre de ménages desservis est aussi beaucoup plus élevé et l'activité considérablement plus lucrative: DIANZINGA rapporte qu'à Mikalou, l'un des quartiers périphériques de la capitale congolaise, "l'un des plus grands revendeurs d'eau de ce quartier est tout heureux de dire qu'il est le seul propriétaire de branchement dans un rayon d'au moins cinq cents mètres. Il dispose d'un monopole considérable de vente d'eau, et l'on peut dire qu'il dessert quasiment la moitié de ce quartier. Ses affaires marchent très bien à en juger par la présence du branchement à double robinetterie et d'une vingtaine de fûts destinés à la vente de l'eau en gros. Il ne vend pas au détail (...); c'est un grossiste qui ne vit que de la vente de l'eau. Dans une parcelle qui est aussi la sienne et dans laquelle il dispose d'un second branchement, on construit une grande maison en matériaux durables (...). Le nombre de fûts dont il dispose dans cette seconde parcelle est tel que l'on se croirait à un hypermarché de l'eau (...). Il fait tout son travail la nuit, entre minuit et trois heures du matin (seuls moments où l'eau arrive dans ce quartier), en remplissant tous les fûts dont il dispose et ceux des clients qui laissent leur propre fût pour en emporter deux le lendemain..."².

Comme SAINT-VIL pour Abidjan, DIANZINGA remarque que les revendeurs prennent des dispositions pour faciliter la tâche des clients. Il mentionne par exemple l'installation, d'un tuyau en caoutchouc ou en matière plastique que l'on accroche au robinet pour remplir le récipient sans le descendre de la tête, ou encore l'installation d'une double robinetterie qui permet à deux personnes de se servir simultanément et réduit donc l'attente au point d'eau. D'autres services sont proposés au client: la vidange des fûts par exemple, la livraison à domicile³, et surtout le système d'abonnement.

¹ fûts métalliques de 200 litres vendus au marché noir par des garagistes ou dans les dépôts à essence

² DIANZINGA F. L'eau dans Brazzaville et les services publics de l'eau: réflexions sur l'adaptation d'une organisation technique à son environnement social, culturel et urbain; Thèse de 3ème cycle; I.U.P. Grenoble; 1984; p.203

³ service appréciable mais cher: les fûts pleins doivent être roulés dans les rues sablonneuses...

DIANZINGA note une généralisation du système de l'abonnement, pratiqué autrefois uniquement dans les vieux quartiers. Désormais adopté par presque tous les propriétaires de branchement vendeurs d'eau, il consiste à proposer au client de payer un forfait mensuel au lieu de régler après chaque puisage.

Le prix de l'abonnement varie selon les quartiers. Au moment des enquêtes de DIANZINGA, en 1983, il était compris entre 700 et 1000 Frs CFA par mois dans les vieux quartiers, et entre 1400 et 1700, voire 1850 Frs CFA, dans les quartiers périphériques. DIANZINGA souligne cependant que l'abonnement ne représente pas une garantie pour l'acheteur d'être servi autant qu'il le veut ou à n'importe quel moment du jour ou de la nuit: "Les acheteurs ou les abonnés, quel que soit leur nombre, sont soumis à la volonté ou aux caprices du propriétaire. A Talangaï, certains propriétaires limitent à trois ou cinq le nombre de réceptifs à puiser chaque jour malgré le prix trop élevé de l'abonnement (...). L'abonné (...) est aussi à la merci des coupures du réseau, devenues malheureusement chroniques (...) A la reprise de la desserte, les acheteurs ne récupèrent pas les jours perdus".

Grâce aux enquêtes-ménages qu'il a réalisé, DIANZINGA a montré que, malgré le prix de l'eau que les propriétaires de branchement imposent selon leur gré, le système de la revente est apprécié par tous les usagers: "Ils s'en contentent d'autant plus qu'ils estiment qu'en supprimant les bornes-fontaines, les pouvoirs publics leur ont refusé l'eau. Ce sentiment de rejet que tous les anciens usagers des bornes-fontaines éprouvent à l'égard des pouvoirs publics fait qu'ils aimeraient continuer à payer quotidiennement l'eau, même si cela coûte très cher, plutôt que d'attendre l'Etat, qui donne puis reprend peu de temps après (...) ce système leur convient parfaitement, puisqu'ils perdent peu de temps (à de rares exceptions près, le propriétaire chez qui on va chercher l'eau ou chez qui l'on est abonné est un voisin plus ou moins proche), qu'il n'y a ni bousculade ni files d'attente".

On peut calculer, sur la base des données de 1984, le bénéfice que tirent les revendeurs d'eau de leur activité.

Compte-tenu d'une consommation moyenne spécifique de 15 litres/jour/habitant et d'une taille moyenne de ménage de 6 personnes, chaque revendeur écoule donc en moyenne 35 m³ par mois, soit 105 m³ par trimestre. Avant l'augmentation tarifaire survenue en 1984, la SNDE distinguait quatre tranches tarifaires domestiques:

1ère tranche: 0-25 m ³ /trimestre	61,80 Frs CFA/m ³
2ème tranche: 26-100 m ³ /trimestre	77,25 Frs CFA/m ³

3ème tranche: 101-300 m³/trimestre 87,55 Frs CFA/m³

4ème tranche: >300 m³/trimestre rabais de 20%

Si l'on suppose que la consommation personnelle du revendeur couvre exactement la première tranche de 25 mètres cubes, celui-ci règlera alors à la société distributrice:

75 m³ x 77,25 Frs CFA = 5 800 Frs CFA
+ (105-75)m³ x 87,55 Frs CFA = 2 600 Frs CFA,

soit 8 400 Frs CFA par trimestre pour le volume revendu.

Un revendeur ne pratiquant que la vente au détail sans abonnement percevrait 35 000 Frs CFA par mois, réalisant un bénéfice mensuel de (35 000-2 800), soit 32 000 Frs CFA environ. Un revendeur dont tous les clients seraient abonnés ne réaliserait, lui, qu'un bénéfice compris entre 7 500 et 17 000 environ, suivant que son point de vente se situe dans les vieux quartiers ou bien dans les quartiers moins denses de la périphérie. Lorsque l'on sait que le revenu médian s'établissait à Brazzaville en 1985 à 35 000 Frs CFA et que les ménages pratiquant la revente disposent toujours d'un revenu tiré d'une activité principale autre¹, il apparaît clairement que la revente leur fournit un revenu d'appoint, certes non négligeable, mais secondaire malgré tout. Comme à Abidjan, la revente de l'eau ici n'est qu'une activité de faible rapport, mobilisant un membre du ménage mais ne justifiant qu'exceptionnellement l'emploi d'un salarié.

3. Le cas de Kigali

Plusieurs enquêtes réalisées de 84 à 87 à Kigali témoignent également de l'existence d'un secteur vivace de revente de voisinage dans la capitale rwandaise.

¹ celle du chef de ménage en général

S'appuyant sur deux enquêtes-ménages¹ et sur le rapport final du projet "Fontaines publiques de Kigali"², M. PESLAY dresse le tableau IV.2³ (voir au verso).

On constate qu'avec 27% de ménages des quartiers desservis⁴ y ayant recours, la revente de voisinage représentait en 85 le principal mode d'approvisionnement en eau potable. Le tableau IV.2 montre aussi que le nombre moyen de personnes desservies par les branchements particuliers est deux fois plus élevé par accès indirect que par accès direct.

Par ailleurs, l'enquête révélait que la fréquence des cas de revente était très élevée parmi les abonnés: 86% en habitat économique et plus de 75% en moyen standing.

Le rapprochement de ces dernières données avec les précédentes permet d'estimer à 15 et 24 habitants respectivement la clientèle moyenne des revendeurs en habitat de moyen standing et en habitat économique, soit 3 à 4 ménages seulement.

L'imbrication géographique des modes de desserte, résultant elle-même de l'imbrication des types d'habitat, a rendu l'analyse délicate. La finesse de l'étude réalisée par le groupement SEURECA/BRGM/BCEOM a cependant permis de repérer et de dénombrer les ménages résidant en habitat économique et s'approvisionnant auprès de résidents en habitat de standing supérieur.

Un des facteurs limitant les pratiques de revente par ces derniers réside sans doute dans l'emplacement du robinet, situé pour 70% des 1 175 branchements à l'intérieur et pour 30% seulement dans la cour. A l'inverse, les branchements des

¹ ELECTROGAZ, août 84, enquête portant sur 75 bornes-fontaines de Kigali et enquête réalisée en avril 85 dans le cadre de l'étude SEURECA-BRGM-BCEOM Eau potable de la ville de Kigali à l'horizon 2 000 - Besoins en eau potable, Paris, mars 1987

² J.M. SEGERS Rapport final - Projet Fontaines Publiques de Kigali, FENU - AIDR, juin-juillet 1985

³ PESLAY M. Bornes-fontaines kiosques évaluation socio-économique. Villes de Kigali (Rwanda) et de Bangi (RCA). Caisse Centrale de Coopération Economique; 56 Pages + annexes; Paris août 87, p. 22

⁴ seuls les quartiers d'habitat de haut standing ont été exclus de l'enquête

logements économiques se répartissent pour 87,5% d'entre eux dans la cour et pour 12,5% à l'intérieur.

tableau IV.2 MODES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE A KIGALI (85)

TYPE D'HABITAT	moyen standing	économique	ensemble	%
POPULATION TOTALE	13 500	93 750	107 250	100
BRANCHEM ¹⁸ PARTIC.	1 175	745	1 920	
population desservie				
. accès direct				
nb moyen/branchem ^t	8,6	9,3		
total	10 100	6 950	17 050	16
. accès indirect				
nb moyen/branchem ^t	11,4	20,7		
total	13 400	15 400	28 800	27
	3 400	+10 000 ⁽¹⁾		
BORNES-FONTAINES ⁽²⁾	-	69 ⁽³⁾	69	
population desservie				
nb moyen/branchem ^t	-	365		
total	-	25 200	25 200	23,5
solde /autres modes d'approvisionnement	-	36 200	36 200	33,5

⁽¹⁾ complément rendu possible par l'imbrication des 2 types d'habitat;

⁽²⁾ nombre en fonctionnement réel;

⁽³⁾ nombre moyen pour l'ensemble de l'année 1985, ouvertes totalement ou partiellement

M. PESDAY montre en outre **la persistance de ces pratiques de revente malgré le développement massif des bornes-fontaines.**

Il cite en effet les résultats d'une enquête-ménage légère menée en 1978 sur 5 quartiers situés surtout en zone d'habitat

spontané, alors que la ville de Kigali ne comptait qu'une vingtaine de bornes-fontaines¹.

Les sources d'approvisionnement en eau de boisson étaient alors:

- les branchements privatifs pour 14,5% de la population;
- les branchements des voisins pour 38%².

Malgré la multiplication des bornes-fontaines par 3,5 environ entre 78 et 85, la proportion des ménages utilisant les bornes-fontaines n'a donc que faiblement crû et celle recourant à l'achat d'eau aux voisins que faiblement diminué (voir tableau IV.2).

En revanche, les effets positifs ont été doubles:

- d'une part par le raccourcissement de la distance moyenne entre le logement et le point d'eau (170m pour les usagers des BF en 84 contre 399m pour tous les usagers en 78³);

- d'autre part par l'effet régulateur sur les tarifs de revente. En 78, les prix que les revendeurs pratiquaient le plus fréquemment⁴ allaient de 2 à 5 Frs Rwandais par jerrican (22 litres), et parfois jusqu'à 10 Frs RW en saison sèche. Selon les informations recueillies par M. PESDAY et ses propres observations lors de sa mission d'août 87 (mois de saison sèche), ces prix de revente privée ne dépassaient plus 3 Frs RW, soit un peu plus de deux fois le tarif domestique officiel de première tranche⁵. Le plus souvent, le premier prix pratiqué par les revendeurs privés était identique au tarif officiel de revente aux BF concédées, soit 2 Frs RW.

¹ PESDAY, ibid, p. 26

² en outre, 19,5% s'approvisionnent aux sources traditionnelles: puits et surtout marigots et fleuves

³ PESDAY, idem, p. 23

⁴ selon l'enquête légère de 78 mentionnée plus haut

⁵ de 0 à 25 m³ par mois: 40 Frs RW/m³, de 25 à 60 m³ par mois: 60 Frs RW/m³, de 60 à 100 m³ par mois: 80 Frs RW/m³, plus de 100 m³ par mois: 90 Frs RW/m³ (PESDAY, idem, p. 34)

Compte-tenu des consommations enregistrées au compteur des ménages raccordés¹, on peut estimer à 22 mètres cubes la consommation moyenne mensuelle des ménages pratiquant la revente, dont 16 m³ et 10 m³ sont revendus respectivement par ceux résidant en habitat économique et moyen-standing.

Avec 22 m³ par mois en moyenne, la plupart des revendeurs ne dépassent pas le plafond de la première tranche de consommation. Leur bénéfice de $(91 - 40) = 51$ Frs RW par m³, s'établit donc autour de 800 Frs RW pour ceux résidant en habitat économique et de 500 Frs RW pour ceux, plus aisés, des logements moyen-standing.

Pour ces derniers, l'activité de revente d'eau ne fournit qu'un revenu tout-à-fait marginal lorsqu'on le compare au revenu moyen des groupes socio-professionnels concernés. A titre d'exemple, citons en effet les estimations suivantes²:

- salariés du secteur public: 13 000 Frs RW par mois;
- salariés du secteur privé: 11 000 Frs RW par mois;
- commerçants: 21 000 Frs RW par mois.

Si l'on suppose qu'ils appartiennent à des groupes économiquement plus faibles³, les revendeurs résidant en habitat traditionnel ou économique trouvent en revanche un intérêt financier à la revente d'eau. L'éventail des salaires mensuels des manoeuvres, selon la même source, s'étend en effet de 2 500 à 5 250 Frs RW et les revenus moyens du "secteur informel" sont, selon toute vraisemblance, inférieurs au salaire minimum légal de 2 750 Frs RW.

Un revenu moyen de 800 Frs RW constitue donc un apport complémentaire non négligeable, de l'ordre de 15 à 30%, au revenu principal de ces ménages.

Avec un niveau de raccordement aussi faible que 16%, il est cependant douteux qu'un nombre significatif de ménages à faibles revenus soient raccordés.

¹ respectivement 22 litres par jour et par habitant et 46 litres/jour/habit. en habitat traditionnel et en habitat moyen standing

² BUNED - 82 ; mais tous salaires bloqués depuis 1980

³ ce qui semble pertinent en raison de la corrélation habituellement observée entre revenus et types d'habitat

D'avantage encore qu'à Abidjan et à Brazzaville, la revente de voisinage apparaît donc ici comme un commerce de faible rapport.

B. LES SERVICES DE LIVRAISON/PORTAGE

La redistribution d'eau par des porteurs-livreurs est une composante majeure du service d'alimentation en eau potable dans quelques villes.

D'une façon générale, il s'agit d'une pratique traditionnelle, dont l'on retrouve la trace dans la plupart de nos villes au cours des siècles passés, ou dans les cités antiques. Des statues de la Grèce antique représentent ainsi des porteurs d'eau, l'amphore sur l'épaule. Un édit de Dioclétien, visant à juguler l'inflation des prix et des salaires, stipulait que les porteurs d'eau devaient être payés au même tarif que les muletiers et les chameliers.

Plus près de nous, quelque 20 000 porteurs d'eau, appelés "évier", pratiquaient leur métier à Paris sous la Révolution. Ils utilisaient deux seaux accrochés de part et d'autre d'un bâton, comme on le fait encore en Chine de nos jours. Un dessin de Beijing datant de 1800 montre un grand fût monté sur roues et muni d'une bonde à l'arrière, qui n'est pas sans rappeler les systèmes encore en usage dans quelques régions d'Afrique de l'Est ou même à Ouagadougou.

Sous l'Empire Ottoman, la population d'Istanbul était desservie en eau par deux corporations concurrentes : les "arka sakalari" et les "at sakalari". L'une et l'autre s'approvisionnaient aux fontaines publiques de la ville, mais la première employait des hommes au transport de l'eau, la seconde utilisaient des chevaux¹. En été, rapporte BRAUDEL, on pouvait même acheter pour une somme modique de la neige fondue dans les rues d'Istanbul.

De même que la revente de voisinage, la revente par livraison/portage revêt de nos jours encore des formes variées suivant les pays, les villes, voire les quartiers, plusieurs pouvant coexister sur une même zone.

L'eau est obtenue aux bornes-fontaines du réseau ou bien directement à la source. Les opérateurs de ces services la revendent au porte-à-porte ou à des transporteurs

¹ Encyclopédie de l'Islam, 1983

intermédiaires. Les circuits qu'elle peut emprunter entre la source d'approvisionnement d'origine et le consommateur final sont nombreuses. Ils peuvent être schématisés par la figure IV.1 adaptée de ZAROFF et OKUN¹.

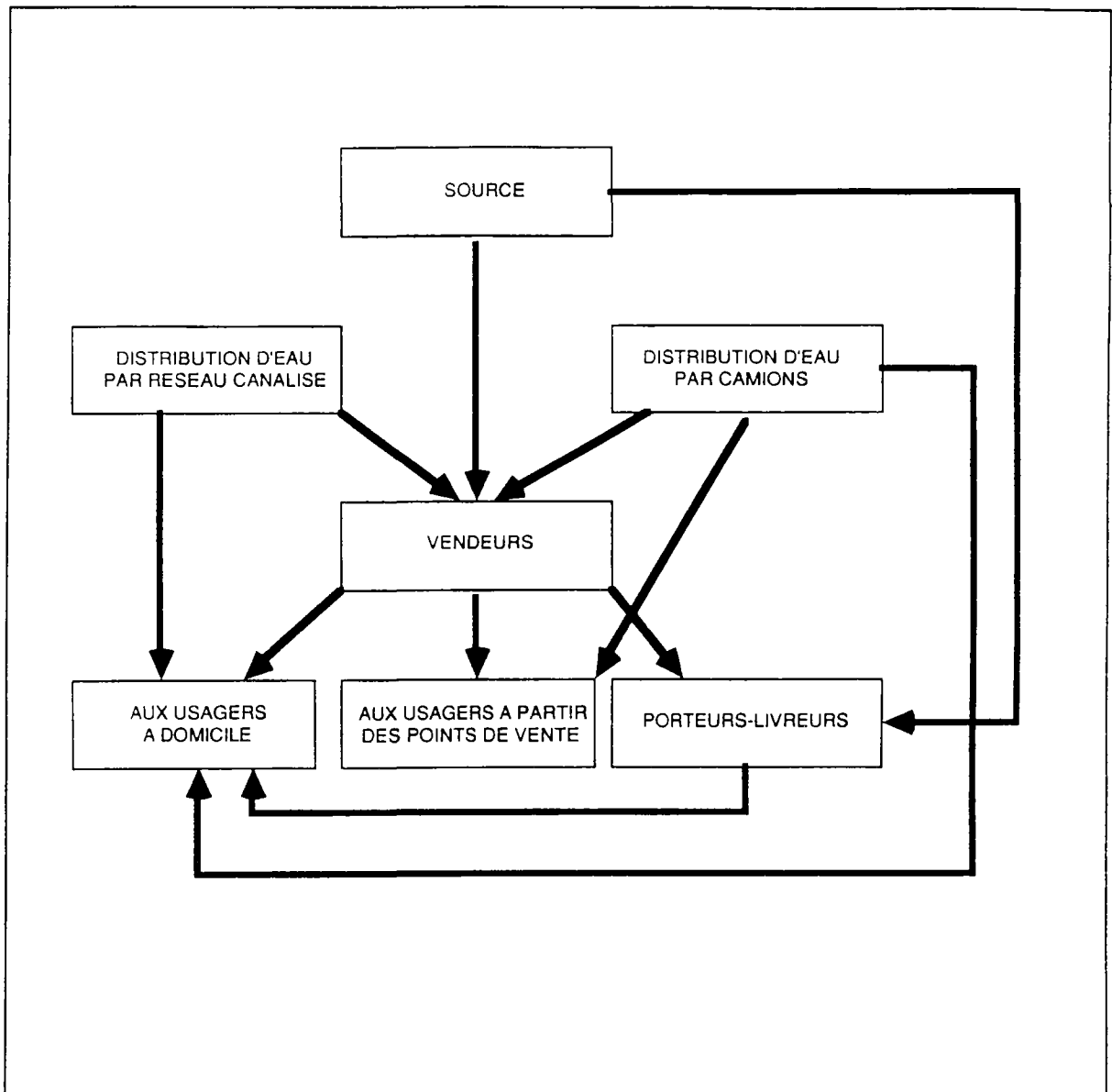


figure IV.1 SCHÉMAS DES SYSTÈMES DE DISTRIBUTION POSSIBLES (adapté de ZAROFF et OKUN-1984)

Ces auteurs ont été les premiers à se pencher sur les pratiques de vente ou de revente de l'eau transportée hors des

¹ ZAROFF B., OKUN D.A. "Water Vending in Developing Countries", In Aqua n 5, 1984, pages 289-295

réseaux canalisés. Ils ont effectué des enquêtes sur ces pratiques dans douze communautés rurales ou urbaines, situées aussi bien en Afrique qu'en Amérique Latine et en Asie du Sud-est (voir tableau IV.3 et tableau IV.4 des pages suivantes).

Les principales conclusions de ZAROFF et OKUN sont les suivantes:

- le transport de l'eau hors réseau canalisé peut constituer une solution économique pour de nombreuses communautés mais le coût pour l'utilisateur en est élevé: jusqu'à 30% des revenus dans certains cas (quoi qu'en certaines périodes seulement);
- la qualité de l'eau délivrée aux usagers est souvent douteuse, du fait des contaminations possibles à la source, pendant les manutentions et dans les récipients utilisés pour le transport et le stockage.

1. La revente motorisée

Le transport motorisé (camions-citernes ou camions chargés de fûts) ne concerne généralement que les quartiers périphériques non desservis par le réseau canalisé et où les sources d'approvisionnement traditionnelles (puits, marigots, rivières) sont absentes ou trop difficilement accessibles.

Nous avons pu ainsi observer en 85 la présence de ces modes de desserte dans des quartiers d'extension urbaines du nord de Lomé et de Pointe-Noire, situés sur des plateaux où la construction de puits privatifs est trop coûteuse¹.

Dans les quartiers périphériques de M'Paka, M'Bota et Loandjili à Pointe Noire, l'achat d'eau transportée par fûts depuis les quartiers desservis représentait en 79 la seule façon de se procurer de l'eau potable: 22 % des ménages y avaient alors recours pour leur eau de boisson et 12 % pour l'eau destinée à d'autres usages (lessive, vaisselle, etc.)².

¹ MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu(...), Rapport Intermédiaire, Etude de cas n 1, page 8 et Etude de cas n 2, page 25

² URBANOR Schéma Directeur de Pointe Noire: étude socio-urbaine; Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction, Brazzaville, 1980

tableau IV.3 SYSTÈMES DE LIVRAISON-PORTAGE D'EAU (source: ZAROFF et OKUN, 1984)

lieu	nombre de vendeurs	source d'approvisionnement	mode de transport	récipient	revenu moyen annuel (FF)		les vendeurs ont d'autres sources de revenu
					par tête	vendeur porteur	
Cebu, Philippines	1	source aménagée	jeepney	jerrican en plast.	4 000	>4 000	nd
Ormoc, Philippines	2	robinet public	charrette à bras	bidons de 200 l	4 000	>4 000	oui
Dlourbel, Sénégal	1	puits non protégé	charrette à âne	fûts de kerosene	4 000	2 000	oui
Surabaya, Indonésie	52	réseau	palanche, charrette	bidons de peinture tonneaux	4 000	>4 000	>4 000
Sawee, Thaïlande	8	rivière	charrettes	fûts de kerosene	4 000	1 200	nd
Ali Matan, Somalie	3	réseau	charrette à âne	bidons d'huile	2 000	>2 000	nd
Mandera, Kenya	100	rivière	charrette à âne	jerricans en plast. tonneaux	4 000	>4 000	nd
Gandika, Nigéria	24	rivière, puits ouvert	manuel	bidons de kerosene	4 000	nd	oui
Ibl, Nigéria	30	rivière	manuel	bidons de kerosene	4 000	>4 000	oui
Ky Cham, Kampuchea	nd	réseau	charrettes	bidons métalliques	nd	nd	nd
Boundiali, Côte d'Ivoire	nd	rivière, réseau	nd	seaux, bidons	2 000	nd	oui
Guidan Roumdji, Niger	nd	puits non protégé	palanches	bidons de kerosene jarres	4 000	nd	oui

nd: non déterminé

tableau IV.4 INFORMATIONS SUR LES VENDEURS D'EAU (source: ZAROFF et OKUN, 1984)

lieu	population étudiée	taille moyenne des ménages	sources d'approvisionnement autres que vendeurs d'eau	consommation unitaire (litres/jour/habit.):		ménages servis par vendeurs (%)	prix (Kf/l) d'effort	taux (1)
				totale	achetée aux vendeurs			
Cebu, Philippines	1 000	6	puits ouverts, sources non protégées, eau de pluie	nd	5	60%	0,06	16%
Ormoc, Philippines	3 520	6	ruisseaux non protégés, eau de pluie, BF	3	3	10%	0,06	19%
Diourbel, Sénégal	100	10	puits ouverts, réseau canalisé	2	1	90%	0,05	3%
Surabaya, Indonésie	311	6	réseau canalisé, puits ouverts	nd	30	nd	0,02	28%
Sawee, Thaïlande	2 000	5	rivière, puits protégés ou non, eau de pluie	23	23	10%	0,006	6%
All Matan, Somalie	16 000	5	rivière, réseau canalisé	4	1	10%	0,90	>30%
Mandera, Kenya	17 000	6	rivière, canal d'irriga- tion, réseau, eau de pluie	7	7	90%	0,24	>30%
Gandika, Nigeria	10 000	16	rivière, puits ouverts, eau de pluie	nd	nd	15%	0,12	nd
Ibi, Nigéria	5 000	6	puits protégés ou non, eau de pluie	8	5	40%	0,24	>30%
Ky Cham, Kampuchea	nd	nd	puits protégés ou non, réseau canalisé	nd	nd	50%	nd	nd
Boundiali, Côte d'Ivoire	15 000	10	puits ouverts, eau de pluie, réseau canalisé	11	6	50%	0,03	3%
Guidan Roundji, Niger	3 500	9	puits ouverts, rivière, eau de pluie	9	8	40%	0,04	26%

nd: non disponible

(1) pourcentage du revenu mensuel des ménages consacré à l'achat d'eau

Lors de nos enquêtes en 85, la Direction Divisionnaire de la SNDE nous déclarait qu'elle avait de réels problèmes avec les pompiers et de véritables entreprises de reventes qui se fournissaient gratuitement en eau aux bouches d'incendie et la transportaient par fûts ou citernes pour la revendre dans ces quartiers du nord de la ville.

La présence de revendeurs motorisés est également rapportée sur Abidjan par SAINT-VIL en 84 et sur Nouakchott¹.

Les camions y délivrent l'eau dans des fûts ou des citernes privatives (Lomé, Pointe-Noire, Abidjan) ou publiques (Nouakchott). Ces dernières servent alors de points d'eau collectifs.

Hormis le cas, rare, où ce mode de desserte est géré par ou sous contrôle d'une autorité publique², il ne délivre le plus souvent qu'une eau non potable, puisée dans une rivière, facturée à des tarifs croissant avec la distance³ et fréquemment destinée à des chantiers d'auto-construction.

L'eau ne provenant pas du réseau d'A.E.P., le transport motorisé ne relève donc pas à proprement parler du système de redistribution tel que nous l'avons défini.

Si nous n'avions pas restreint l'objet de notre étude à la seule distribution secondaire, l'analyse des systèmes de livraison motorisée eût cependant offert un grand intérêt. Alors que les économies d'échelle liées à la distribution d'eau canalisée servent parfois d'argument pour justifier le monopole des sociétés d'exploitation des réseaux d'AEP, il existe toutefois des cas où des entreprises de transport d'eau potable parviennent à offrir un service alternatif et concurrentiel de distribution. Ces cas doivent cependant être recherchés ailleurs qu'en Afrique, où prévaut le modèle de

¹ TIDIANE LY A. L'approvisionnement en eau potable des quartiers péri-urbains de Nouakchott; Mémoire de D.E.A.; Nancy; 1983

² exemple de Nouakchott (Mauritanie), où le District gère le transport d'eau potable délivrée gratuitement par des camions-citernes de 8 m³ dans des fûts enterrés le long des routes

³ à Abidjan, par exemple, où, en 83, des camions-citernes puisaient l'eau dans la rivière du Banco et revendaient la citerne de 1,5 m³ à un tarif variant de 1 500 à 4 000 Frs suivant la distance, soit 11 à 30 fois le tarif "tranche sociale".

monopole. ROTH¹ rapporte par exemple que la livraison d'eau potable par camions aux ménages existe à une grande échelle en Equateur, au Salvador et à Saint-Domingue. Dans la capitale dominicaine, pas moins de dix compagnies opèrent sur ce marché en concurrence avec l'Agence publique de distribution d'eau canalisée. Celle-ci est considérée par beaucoup comme peu fiable en raison des nombreuses pannes d'électricité. Une partie des besoins domestiques est donc satisfaite par ces compagnies, toutes soumises par les autorités à un contrôle sanitaire régulier. Elles s'approvisionnent à des sources privées, purifient leur eau, la conditionne et la livrent par camion. Toutes la revendent au tarif maximal autorisé par le gouvernement. Aussi la concurrence se fonde-t-elle surtout sur la qualité du service. Les quatre plus importantes compagnies possèdent un parc total de 48 camions.

2. La revente par portage

En revanche, la revente non motorisée par portage de fûts ou de seaux s'effectue habituellement à partir de branchements, publics ou privés. Son territoire est celui du quartier, où les distances de livraison excèdent rarement 300 à 400 mètres, sauf parfois en saison sèche ou en cas de coupure sur le réseau. Elle concerne donc des quartiers mal desservis.

Sur un quartier donné, les livreurs pratiquent le plus souvent un tarif fixe, indépendant de la distance, du moins tant que celle-ci ne varie pas trop et ne dépasse pas 500 mètres environ.

Ces tarifs fixes sont cependant d'autant plus élevés que le quartier est mal desservi. Ainsi a-t-on pu observer des porteurs d'eau à Niamey (Niger) pratiquant la livraison de deux seaux de 20 litres à 25 Frs CFA dans les quartiers populaires, relativement denses et proches du centre, et 50 Frs CFA dans les quartiers périphériques (soit respectivement 8 et 16 fois le tarif "tranche sociale"). Cet ordre de grandeur du rapport des tarifs de livraison au tarif officiel de la tranche sociale² se retrouve ailleurs:

- à Nouakchott: 40 UM le fût de 200 litres, soit 6 fois le tarif appliqué aux consommations inférieures à 10 m³ mensuels;

¹ ROTH G. The Private Provision of Public Services in Developing Countries, EDI Series in Economic Development, publié pour la Banque Mondiale par Oxford University Press, Washington, 1987, 282 pages, p. 250

² ou de la tranche la plus basse de consommation

- à Ouagadougou: 150 Frs CFA le fût de 200 litres, soit 6,5 fois le tarif social;
- à Abidjan: fûts de 200 litres livrés par camion (SAINT VIL - 83) revenant à 1,5 Frs CFA/l au lieu de 0,09 Frs CFA/l en tranche sociale, soit 16 fois plus cher;
- à Lima: fûts personnels de 200 litres remplis par camion dans les "barriadas" (quartiers suburbains) au tarif de \$1,25 par m³ au lieu de \$0,075/m³ pour l'eau distribuée aux branchements, soit 16 fois plus cher.

Dans chacune de ces trois villes, pourtant, la clientèle des livreurs est nombreuse. A Niamey, pas moins d'un ménage sur trois ne s'approvisionne que de cette façon.

3. Le cas de Ouagadougou

A Ouagadougou, un réseau de quelque 2 000 livreurs¹ s'appuie sur un parc relativement dense et opérationnel de points d'eau publics.

La livraison s'y effectue le plus souvent à la demande du client, qui vient trouver le vendeur près de la borne-fontaine. Certains porteurs se sont toutefois créé une clientèle fidèle.

L'eau est livrée à domicile, sur la parcelle, où elle est stockée dans des sortes de jarres, appelées canaris. Un couvercle de fortune est généralement posé sur ceux-ci.

Le matériel utilisé pour la livraison est une charrette à deux roues constituée d'un cadre métallique supportant un fût de 200 litres. Le fût possède deux orifices: un sur le corps pour le remplissage, le second à l'avant, orienté vers le sol et prolongé d'un raccord autorisant le refoulement lors de la livraison chez le client.

L'ensemble est fabriqué uniquement par des artisans-soudeurs à partir de matériaux de récupération: roues de mobylette, barriques de produits pétroliers.

Le coût d'une charrette s'élevait environ à 40 000 Frs CFA lors de nos enquêtes de 86, mais il peut baisser si le client fournit au soudeur le fût ou les roues.

A Ouagadougou, tout véhicule est assujéti à l'immatriculation et son propriétaire au paiement annuel d'une taxe municipale. En pratique, l'application de cette réglementation aux

¹ voir infra page 128

charrettes à eau est largement tombée en désuétude depuis quelques années. Quelques mois après la Révolution d'Août 1983, la taxe est passée de 6 000 à 3 000 Frs CFA, le Gouvernement marquant ainsi sa volonté de ne pas pénaliser la revente d'eau. Depuis lors, le nombre des immatriculations a chuté, passant de 1 085 en 1984 à 115 en 85, et à une vingtaine enregistrées en juillet 86. Au moment de notre enquête, les avis divergeaient sur les raisons de cette baisse; un délégué CDR¹ pensait que "la Révolution ne pouvait pas taxer un besoin aussi vital"; un employé municipal affirmait que les contrôles de police jusqu'alors suspendus, allaient reprendre et entraîneraient une reprise des inscriptions. D'après S. JAGLIN², certains secteurs avaient repris à leur compte cette procédure en 87.

La réglementation de la revente concerne surtout la tarification: le Haut-Commissariat de la Province a plafonné le tarif de revente du fût de 200 litres à 125 Frs CFA puis à 150 Frs CFA depuis 87. Ce tarif est généralement respecté, sauf en période de pénurie comme en fin de saison sèche (mars et avril), où il peut atteindre 300 Frs CFA, voire davantage. Mais la distance parcourue par le charretier est alors souvent plus longue: un parcours d'un kilomètre n'est pas rare.

Les charrettes sont le plus souvent acquises par un commerçant ou par un fonctionnaire qui en délègue l'exploitation. L'activité apparaît extrêmement morcelée: seuls 33 individus (sur un total de plus d'un millier) avaient fait enregistrer 2 charrettes ou plus en leur nom (3 au maximum).

La plupart des charretiers sont des adolescents ou des jeunes hommes qui n'ont pas les moyens de posséder leur instrument de travail: les contrats qui les lient à leur "patron", propriétaire de la charrette, sont très divers. Les plus fréquents sont les suivants:

- 1- le porteur "loue" sa charrette 300 Frs CFA par jour au propriétaire, auquel il ramène en outre un fût d'eau au moins tous les 3 jours, parfois quotidiennement. Si l'argent est ramené tous les jours, il reçoit une prime mensuelle de 3 000 Frs CFA. Le propriétaire effectue les réparations. Ce type de contrat semble le plus fréquent.

¹ *Comité de Défense de la Révolution*: chacun des 30 secteurs de la capitale est géré par un CDR dont le délégué est le représentant de l'administration de l'Etat et dont le Bureau est composé d'élus de la population

² JAGLIN S. , KOANDA S. Gestion partagée et prix de l'eau potable à Ouagadougou, Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, p 409

2- le porteur "loue" la charrette 200 Frs CFA par jour et se rémunère sur la recette des ventes, qu'il garde en totalité mais sur laquelle il doit aussi effectuer les réparations courantes. Ce contrat est surtout pratiqué pendant la saison sèche, lorsque la demande est grande et les tarifs élevés; le porteur est alors un occasionnel;

3- le porteur verse au "patron" la totalité de la recette et reçoit un salaire mensuel de 7 000 Frs CFA;

4- le porteur est un jeune parent, même éloigné, du propriétaire et un membre désœuvré du "ménage" (au sens de l'unité résidentielle). La charrette lui est alors donnée comme moyen d'occupation plus que de subsistance. De cette façon, il participe de plus aux frais de la concession.

Comme le précise JAGLIN¹, toutes les formules intermédiaires sont cependant possibles suivant le type de relations qu'entretiennent le charretier et son "patron".

A combien peut-on évaluer le nombre de charretiers et les quantités d'eau sur lesquelles porte leur activité?

Les observations réalisées par P. BEDEK² en août 86 et par S. JAGLIN en 87 permettent de fixer quelques ordres de grandeur.

D'après les comptages de BEDEK auprès de 8 points d'eau collectifs disséminés sur 2 secteurs³, la proportion d'eau vendue par fût serait de l'ordre de 76%. En considérant que quelques ménages possédant leur propre fût viennent eux-mêmes s'approvisionner aux points d'eau, on peut avancer que les deux-tiers environ de l'eau vendue dans les quartiers périphériques (c'est-à-dire en zone essentiellement non desservie) sont redistribués par les porteurs-livreurs.

Cette estimation est confirmée par JAGLIN⁴.

¹ ibid, page 410

² BEDEK P. Le service urbain de l'eau à Ouagadougou-approche économique et territoriale; Institut d'Urbanisme de Paris; DEA "Aménagement et Politiques Urbaines"; CERGRENE; septembre 1987, pp 60, 61

³ les secteurs sont des unités territoriales et des échelons administratifs de base; Ouagadougou en compte 30

⁴ ibid page 406

D'un point d'eau à l'autre, cette proportion est susceptible de varier grandement. Les pompes manuelles, par exemple, ne servent bien souvent qu'à l'approvisionnement direct des ménages. Certains fontainiers des Postes d'Eau Autonomes¹ ou de bornes-fontaines particulièrement bien situées (d'accès facile et alimentant une vaste zone non desservie) et dont l'équipement fournit un bon débit, parviennent à vendre près de 90 % de l'eau par fût.

Tant d'après BEDEK que d'après JAGLIN, le nombre moyen de trajets effectués chaque jour par un revendeur s'établit autour de 5 ou 6. Le rapprochement de ces chiffres et des quantités vendues aux charretiers par les fontainiers conduit à évaluer entre 15 et 20 le nombre de charretiers par point d'eau. Cet ordre de grandeur est corroboré par les observations directes des deux auteurs. Il reste également compatible avec le nombre total de charretiers que la municipalité avançait en 86 pour l'ensemble de la ville, soit 2 000².

Remarquons que ce nombre représentait alors 7 fois l'effectif de la Direction Régionale de l'ONEA³.

Si les chiffres qui précèdent doivent être considérés à titre indicatif, ils reflètent des ordres de grandeur suggérant, tant par les effectifs des charretiers que par les quantités d'eau sur lesquelles elles portent, que **la revente par fût constitue une composante majeure du système de distribution d'eau potable à Ouagadougou.**

Le nombre de ménages se faisant livrer l'eau à domicile est plus dur à cerner. La plupart des ménages interrogés par BEDEK estimaient leur consommation à un fût tous les 3 ou 4 jours, plus rarement à un fût quotidien (cas d'une commerçante utilisant l'eau pour la préparation de ses produits culinaires). Certains usagers, résidant généralement loin de

¹ les *Postes d'Eau Autonomes* (ou PEA) sont des équipements composés d'un forage muni de motopompes, d'un petit réservoir d'eau surélevé et de 4 robinets de distribution; Ouagadougou en compte une quinzaine

² malgré la difficulté d'une telle estimation du fait, nous l'avons dit, d'un abandon de la pratique d'immatriculation.

³ *Office National de l'Eau et de l'Assainissement*: établissement public à caractère industriel et commercial chargé de toutes les installations publiques urbaines d'AEP et d'assainissement (depuis 84) au Burkina Faso (ancien^t ONE)

toute borne-fontaine, affirmaient n'en utiliser qu'un par semaine.

Cela suggère que le tarif officiel de livraison est généralement respecté en deçà d'une certaine distance, puis augmente au-delà, ce que confirment aussi les observations effectuées ailleurs et rapportées ci-avant¹.

Un ménage moyen (5 à 6 personnes) s'approvisionnant aux revendeurs de fûts consommerait ainsi une cinquantaine de litres par jour, soit 9 litres par jour et par personne environ, alors qu'un ménage allant au point d'eau consomme en moyenne près de 80 litres quotidiennement (13,8 litres/jour/habitant).

Ces consommations sont cohérentes avec les consommations spécifiques avancées par S. JAGLIN et J.P. THEVENON², respectivement de 12,5 litres/jour par habitant des secteurs périphériques s'approvisionnant directement ou par livraison aux bornes-fontaines ou aux P.E.A., et de 11 litres/jour/habitant³ aux installations collectives de l'ensemble de la ville⁴.

On peut tenter d'estimer les bénéfices réalisés par les pousseurs de charrette, par les propriétaires de celles-ci, ainsi que les revenus globaux du secteur.

Un charretier achète 30 Frs CFA le fût de 200 litres à la borne-fontaine et le revend 150 Frs CFA en moyenne. Le revenu moyen par tournée s'élève donc à 120 Frs CFA, à 650 Frs CFA par jour, et à 20 000 Frs CFA environ par mois. Les bénéfices respectifs du charretier et de son "patron" dépendent du contrat qui les lient⁵. Les contrats d'affermage (1 et 2) conduisent tous deux à un revenu net mensuel moyen de 14 000

¹ voir supra, page 124

² THEVENON J.P. Management of Public Standposts in Burkina-Faso ; Compagnie Générale des Eaux; Paris, 1987, 10p. + annexes, multig.

³ en fin de saison des pluies, donc certainement inférieur à la moyenne annuelle

⁴ A titre de comparaison, les plus petits consommateurs raccordés au réseau (tranche sociale) consommaient en moyenne 26 litres/jour/habitant en 86

⁵ voir supra page 126

Frs CFA pour le charretier¹ et de 6 000 Frs CFA pour le propriétaire de la charrette. Pour celui-ci, il ne peut donc s'agir que d'un revenu d'appoint. Le charretier, quant à lui, y trouve un revenu principal d'un montant comparable à celui de la majorité des Ouagavillois, qui disposaient alors de moins de 20 000 Frs CFA mensuels.

Sur la base de 2 000 charrettes, le secteur de la revente par livraison représente à un niveau macro-économique un revenu global annuel de 350 Millions de Frs CFA pour la seule ville de Ouagadougou.

Le poids de ce secteur d'activité ne se traduit pas seulement en termes financiers ou d'emplois.

S. JAGLIN remarque avec justesse que, "par sa prépondérance, le monde des charretiers impose sa marque à toute l'économie de l'eau":

"(...)Généralement fidèles à une installation, les charretiers s'y organisent en petites communautés, qui ont leurs règles de fonctionnement et d'entr'aide (certaines ont ainsi créé une caisse de solidarité), même si le renouvellement assez rapide de leurs éléments nuit à la cohésion des groupements: la moyenne de la durée dans cette occupation s'établit, selon notre enquête, à 16 mois. Ces associations, plus ou moins formelles, représentent en fait avant tout des alliances défensives pour protéger les charretiers d'un point d'eau contre la concurrence ou les "intrusions perturbatrices" des revendeurs d'installations voisines.

"Tenant compte de leur présence, les gérants ont presque partout instauré des systèmes de priorité afin d'éviter les conflits entre les différentes catégories de clients et, éventuellement, de favoriser l'une d'entre elles. Ainsi les postes d'eau autonomes réservent 3 de leurs 4 robinets aux fûts (1 pour les particuliers ou "buveurs" et 2 pour les revendeurs), n'en laissant qu'un aux femmes (seaux et plats). Au contraire, les pompes manuelles privilégient ces dernières par des alternances dans lesquelles 1 fût succède à 12 seaux ou 2 fûts à 24 seaux. Cette institutionnalisation du tour limite les risques de querelle et instaure, dans la pratique, une affectation prépondérante des pompes manuelles aux femmes et des P.E.A./B.F. aux pousseurs de fûts (buveurs et revendeurs). La rigueur de cette ségrégation dépend cependant fortement de l'équipement du secteur en points d'eau et de leur répartition dans l'espace mais, partout, les conséquences de cette situation sont significatives sur l'organisation de

¹ Rappelons que les charretiers salariés, moins nombreux, perçoivent une somme moitié moindre

la vente d'eau et sur les caractéristiques socio-économiques de l'activité."

S. JAGLIN note ainsi une "déféminisation évidente de l'activité autour des P.E.A. et des B.F." :

"Les gérants sont généralement des hommes (en raison notamment du mode de recrutement par les C.D.R.) et les charretiers sont quasi-exclusivement des hommes (à cause de la dureté du travail en particulier). De ce fait, la symbolique et le rituel traditionnellement attachés à la corvée d'eau dévolue aux femmes deviennent obsolètes et, de façon plus fondamentale, les mécanismes et principes de cette fonction responsable de l'approvisionnement en eau des familles changent singulièrement de sens. Il est également probable qu'une évolution aussi notable [...] a des répercussions sur la répartition des tâches entre les sexes et entre les membres des cellules résidentielles (...)."

Le niveau de service assuré par la revente à domicile, en réalité, n'est pas aussi restreint que les descriptions précédentes pourraient le faire croire. Les variations de prix autour du tarif officiel maximal de 150 Frs CFA ne s'expliquent d'ailleurs pas seulement par des différences liées à l'environnement du travail et à sa dureté (distance, temps d'attente, état des pistes, etc.) mais aussi par une **gamme de niveaux de service différenciés**.

BEDEK et JAGLIN ont tous deux remarqué une certaine diversification des prestations offertes en fonction des capacités économiques et des exigences de la clientèle.

"La prestation minimale, note JAGLIN¹, est celle proposée à la clientèle "aléatoire", que le charretier attend au point d'eau et à qui il livre, à la demande, un fût payé comptant. Mais des formules plus sophistiquées s'adressent aux "abonnés", avec qui le charretier fixe un niveau de service qu'il s'engage à respecter: quantité d'eau, périodicité, formule de paiement: comptant, quotidien ou mensuel."

Les systèmes d'abonnement au mois restent cependant encore minoritaires dans les secteurs enquêtés.

Indépendamment de la demande des ménages pour un tel niveau de service, les raisons évoquées par les charretiers, explique JAGLIN, incluent "un manque de confiance entre revendeurs et clients" et "les charges journalières de location du charretier".

L'un et l'autre de ces obstacles ont été contournés par le bureau CDR d'un des secteurs de la capitale, qui a développé

¹ ibid page 411

son **propre réseau de livraison à domicile sur abonnement**. BEDEK rapporte ce cas¹.

Le secteur 30, en effet, est peu équipé en points d'eau collectifs (2 P.E.A. et 4 pompes manuelles en 86 pour 15 000 habitants). S'élevant contre les prix élevés pratiqués par les revendeurs (jusqu'à 300 Frs CFA par fût livré), et aspirant à une meilleure sécurité d'approvisionnement, la population de ce secteur a donc obtenu de ses représentants locaux la mise en place d'un service de revente d'eau à domicile.

Le secteur a ainsi acquis une dizaine de charrettes et embauché 8 hommes pour les pousser. Placés sous les ordres des responsables-fontainiers des deux Postes d'Eau Autonomes, ces charretiers s'approvisionnent auprès de ceux-ci et desservent les clients du secteur.

Leur contrat leur impose d'effectuer au moins 200 livraisons par mois et leur garantit un salaire fixe de 10 000 Frs CFA.

Les ménages intéressés par ce service peuvent s'inscrire auprès du bureau C.D.R. qui leur remet un carnet de tickets. Chaque bon de 150 Frs CFA donne droit à une livraison à domicile. Les bons utilisés doivent être payés en fin de mois, mais la somme due peut être réglée en plusieurs versements.

Au mois de mars 86, en pleine saison sèche, donc à une période où les prix des revendeurs sont au plus haut, 96 ménages avaient recours à ce système. Pendant la saison des pluies, il n'étaient plus que 50.

Le dépouillement du registre du secteur 30 a permis de confirmer les comptages aux points d'eau: chaque charretier a livré en moyenne 5,6 fûts par jour et 14 fûts par mois à chaque ménage, mais la plupart des ménages s'en font livrer 10, soit 1 fût tous les 3 jours.

Ces mêmes comptages ont montré que les charretiers privés demeurent toutefois les plus nombreux puisque 9 % seulement des fûts remplis aux P.E.A. de ce secteur ont été distribués par le système public.

L'émergence d'un opérateur public au sein du système de redistribution par livraison présente cependant un double intérêt pour les ménages.

D'une part par la concurrence qu'elle provoque, elle est susceptible de jouer un rôle régulateur sur les tarifs de revente.

¹ BEDEK, ibid, pages 83 à 85

D'autre part, les bénéfices dégagés par le C.D.R. sont significatifs et peuvent être investis dans ses projets d'action sociale ou d'équipements collectifs. L'ONEA facturant l'eau des P.E.A. à 51 Frs le m³, le bénéfice réalisé sur 1 fût s'élève à (150 - 10) soit 140 Frs CFA. Ceci permet de payer les salaires de 8 charretiers toute l'année et de réaliser une centaine de milliers de Frs CFA de bénéfice par mois pendant la saison sèche¹.

C. ÉCONOMIE TERRITORIALE DES SYSTÈMES REDISTRIBUTIFS

1. Analyse comparative des propriétés des réseaux distributifs et redistributifs

L'acceptation du terme "réseau" est à peu près claire pour tout le monde lorsque l'on se réfère au système de distribution de l'eau par canalisations. Elle l'est moins lorsqu'il s'agit des systèmes que nous avons qualifiés de "redistributifs". L'usage du même concept nécessite quelques explications avant d'analyser les différences qu'il recouvre dans l'un et l'autre cas.

Tout système suppose un environnement, des sous-systèmes, des éléments ainsi que des relations: relations entre ses éléments ou ses sous-systèmes (relations internes), relations entre système et environnement (relations externes). *L'ensemble de ces relations peut être représenté par un ou plusieurs réseaux, qui participent à l'organisation et à la régulation du système.*

Le système de distribution urbaine de l'eau potable s'appuie notamment sur un ensemble de canalisations, conduites et ouvrages spéciaux formant un réseau de transport et de distribution. C'est à cet ensemble, essentiellement physique et matériel, que l'on se réfère généralement lorsque l'on parle de réseau d'AEP. N'oublions pas cependant qu'un système moderne de distribution d'eau met en oeuvre d'autres relations nécessaires à son existence et à son fonctionnement (système pluri-relationnel), donc d'autres réseaux complémentaires: outre le réseau de transport de l'eau, doivent exister un réseau de mesure des consommations avec compteurs et relevés

¹ Pendant la saison des pluies, la baisse de la demande n'autorise tout juste qu'un équilibre des comptes

à domicile, ainsi qu'un réseau de facturation et de paiement¹.

La relative similarité d'organisation des divers systèmes urbains de distribution d'eau rend possible la description d'un certain modèle de réseau distributif.

En revanche, les systèmes de redistribution de l'eau opérés par les revendeurs, privés ou non, s'articulent suivant des relations considérablement plus diversifiées, tant dans l'espace que dans le temps. L'ensemble de ces relations forment néanmoins un *réseau*² que l'on nommera *redistributif* et dont on peut tenter d'examiner les propriétés, en les comparant à celles du réseau distributif.

a- nature des réseaux distributifs et redistributifs

Du point de vue de la production et du transport, réseaux distributifs et redistributifs diffèrent très nettement. Les premiers mettent en oeuvre un ensemble d'ouvrages spécifiques, lourds et coûteux, qui contribuent à les figer dans l'espace et dans le temps. Canalisations, réservoirs, stations de pompage et de traitement, branchements, etc. représentent un investissement considérable et leurs durées d'amortissement se comptent en décennies: 50 ans pour les conduites, 80 ans pour le génie civil, par exemple. C'est en ce sens que l'on qualifie la technologie employée d'*intensive en capital*. En revanche, le nombre de personnes employées au fonctionnement du système peut apparaître relativement faible en regard des investissements et du service rendu (volumes d'eau distribués, nombre d'abonnés), même lorsqu'on y inclut le personnel nécessaire aux autres tâches que celles d'exploitation du réseau proprement dit.

Par ailleurs, le transport de l'eau à travers le réseau de conduites n'est rendu possible que par une consommation d'énergie électrique transformée en pression par l'intermédiaire des pompes.

A l'opposé, les réseaux redistributifs mettent en oeuvre un matériel plus léger, moins spécifique et moins coûteux. La revente de voisinage ne nécessite qu'un branchement particulier et, éventuellement, quelques aménagements destinés à faciliter la prise d'eau: bec en J renversé par exemple

¹ DUPUY, idem, page 105, note (2)

² en fait, plusieurs réseaux car les systèmes redistributifs sont également pluri-relationnels.

(Abidjan), ou un tuyau souple de longueur suffisante pour alimenter le voisin (Libreville).

Le transport de l'eau fait appel à toutes sortes de récipients (seaux, dames-jeannes, bidons, cuvettes, jerrycans, fûts d'essence, etc.) et de véhicules (brouettes, carrioles, charrettes, remorques, etc.). Les matériaux utilisés sont fréquemment récupérés, détournés de leur fonction initiale, aisément transposés et transposables: roues de mobylettes (Ouagadougou), fûts d'essence, etc.

L'énergie nécessaire au transport est parfois d'origine "moderne" (carburant pour véhicules) mais plus souvent animale (ânes) ou humaine.

Au contraire des réseaux de distribution, la technologie mise en oeuvre dans les réseaux redistributifs est donc considérablement moins intensive en capital et davantage en main d'oeuvre.

Ceci peut être illustré par la mesure des ratios suivants:

- 1) nombre d'abonnés (ou de ménages desservis) et volumes d'eau distribués par rapport aux effectifs;
- 2) nombre d'abonnés (ou de ménages desservis) et volumes d'eau distribués par rapport aux capitaux investis.

On constate généralement que les ratios de productivité des sociétés distributrices sont très variables. Une mission effectuée en 82/83 auprès des distributeurs africains de l'U.A.D.E.¹ montrait que le nombre d'abonnés par effectif s'établissait en moyenne autour de 60 et variait de 25 (très mauvais) à 90 (très bon), tandis que le volume d'eau vendu était le plus souvent compris entre 25 000 et 50 000 mètres cubes par an.

Les données rassemblées précédemment (IV.A) indiquent que le nombre moyen de ménages approvisionnés par revendeur de voisinage varie entre quelques unités (3 ou 4 à Kigali) et une vingtaine au maximum (Abidjan).

Pour la livraison à domicile, seul le cas de Ouagadougou (IV.B) permet une évaluation chiffrée. Ailleurs, on ne dispose pas des données nécessaires. Dans l'hypothèse basse (5 fûts distribués chaque jour par livreur, 1 fût par ménage tous les 3 jours), le nombre moyen de ménages approvisionnés par charretier s'élève à 15; à 24 dans l'hypothèse haute (6 fûts

¹ BONFILS L. Rapport de Mission auprès de l'U.A.D.E., S.L.E.E./OMS, 1982, 9 pages + Annexes

livrés par jour; 1 fût par ménage tous les 4 jours). L'ordre de grandeur est donc sensiblement le même que pour la revente de voisinage. **Sauf cas particuliers de revendeurs disposant d'un monopole sur une vaste zone, ce nombre n'atteint donc pas les plus mauvais ratios de productivité des sociétés distributrices.**

L'écart de productivité du travail est encore plus grand si l'on considère les volumes vendus puisque les consommations unitaires sont nettement plus élevées pour les ménages raccordés que pour les clients des revendeurs. En moyenne, les revendeurs de voisinage écoulent chacun environ 150 m³ par an à Kigali et jusqu'à 900 m³ à Abidjan. Les porteurs-livreurs de fûts de Ouagadougou vendent de 350 m³ (hypothèse basse) à 450 m³ (hypothèse haute) d'eau environ par an.

L'ordre de grandeur des ratios volumes écoulés/effectifs est donc de quelques centaines pour les réseaux redistributifs, contre quelques dizaines de milliers pour les réseaux de distribution.

Du point de vue des capitaux investis, systèmes distributifs et redistributifs se caractérisent également par des performances fortement différenciées.

Compte-tenu du coût d'un raccordement particulier, de l'ordre de 100 000 Frs CFA, les exemples de revente de voisinage développés en IV.A montrent que l'investissement réalisé est d'environ 5 000 à 30 000 Frs CFA par ménage desservi. Le coût des branchements particuliers du réseau distributif doit être multiplié autant de fois qu'il y a de ménages desservis par la revente de voisinage.

A Ouagadougou, le coût d'une charrette équipée pour la livraison d'eau à domicile représente 1 500 à 2 500 Frs CFA d'investissement par ménage desservi. Ce dernier ratio peut être rapproché du coût d'investissement en canalisations des seuls réseaux de distribution secondaire, qui se monte typiquement à quelques dizaines de milliers de francs CFA par ménage desservi (27 000 Frs et 40 000 Frs CFA respectivement dans des quartiers périphériques peu denses de Lomé et de Pointe Noire par exemple¹).

Sur les rares exemples quantifiables dont nous disposons, les indicateurs de productivité du travail et de productivité du capital (voir tableau IV.5 au verso) montrent donc assez que les technologies employées sont respectivement à forte

¹ MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations urbaines à faible revenu dans les PED, 1986, page 44

intensité en capital pour les systèmes distributifs et à forte intensité en main d'oeuvre pour les systèmes redistributifs.

tableau IV.5 ORDRE DE GRANDEUR DES RATIOS DE PRODUCTIVITÉ DES SYSTÈMES DISTRIBUTIFS ET REDISTRIBUTIFS

	systèmes distributifs	systèmes redistributifs
nombre de ménages desservis par effectif	>25	<25
volumes servis (m') par effectif	qq dizaines de milliers	qq centaines
capitaux investis par ménage desservi:		
. point de distribution	100 000 Frs CFA	< 30 000 Frs CFA
. transport	qq dizaines de milliers	< 2 500 Frs CFA

Il en résulte que la nature des réseaux distributifs est plutôt **physique**, tandis que celle des réseaux redistributifs est davantage **humaine**. La différence, quoi que nette, n'est cependant pas absolue.

b- connexité et connectivité des réseaux distributifs et redistributifs

La connexité est un concept topologique qui permet de caractériser le réseau de relations entre les sous-systèmes d'un réseau territorial. Empiriquement, une forte connexité signifie que les relations concernent de nombreux éléments du système. Il s'agit d'un concept emprunté à la théorie des graphes¹. La multiplicité des liaisons assurées dans le système par le réseau peut être mesurée par la connectivité².

Le réseau de distribution canalisée est connexe, au sens de la connexité simple. Il peut être fortement connexe si toutefois il comporte des mailles.

¹ DUPUY, ibid, page 68

² La formalisation de ces notions de connexité et de connectivité, appliquées aux réseaux, est exposée dans l'annexe IV.1.

Le réseau redistributif, quant à lui, est généralement *non-connecté*. Il est cependant composé de *sous-réseaux connexes*, chacun correspondant au réseau développé à partir d'un point de revente. Dans le cas de la revente de voisinage, le sous-réseau connexe a une structure en étoile ayant pour sommet le point de revente. Tel est également le cas des sous-réseaux associés à une revente par livraison-portage où chaque voyage n'approvisionne qu'un seul ménage (exemple de la livraison par fûts à Ouagadougou).

Le sous-réseau de distribution le plus simple (1 branche) qui pourrait remplacer ce type de réseau redistributif aurait alors la même connectivité (autant de liaisons que d'éléments -ou ménages- desservis). La différence entre leurs structures topologiques se situe dans ce cas au niveau de la nodalité: les réseaux redistributifs accentuent en effet la nodalité des points de redistribution.

Dans de nombreux cas, toutefois, plusieurs ménages sont simultanément et successivement desservis au cours d'un même voyage ou "tournée" du porteur d'eau. La connectivité des sous-réseaux redistributifs concernés est alors plus forte que celles des sous-réseaux distributifs pouvant leur être substitués.

Les figures suivantes illustrent ces différents cas.

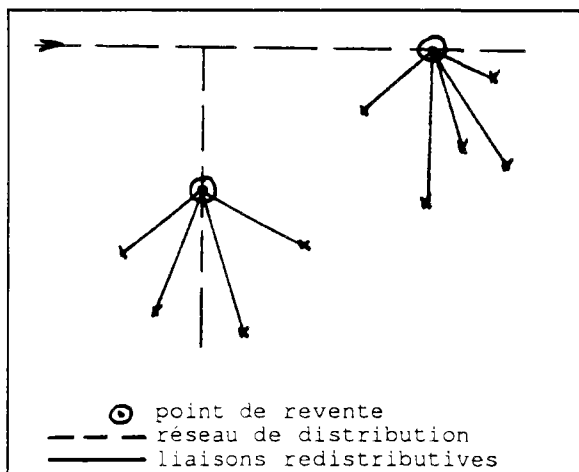


figure IV.2 RÉSEAUX DE REDISTRIBUTION DE VOISINAGE

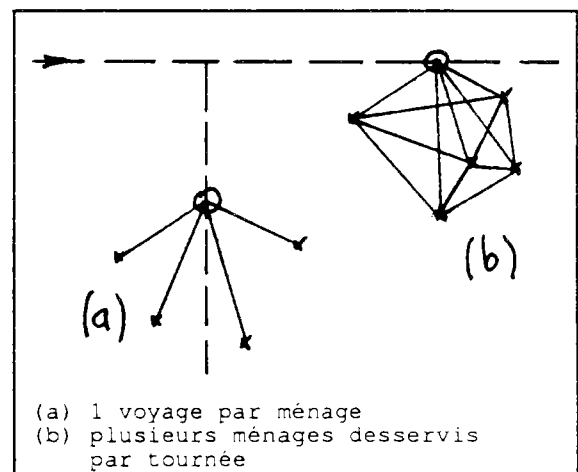


figure IV.3 RÉSEAUX DE REDISTRIBUTION PAR PORTAGE

Un autre phénomène peut participer à l'accroissement de la connectivité des sous-réseaux redistributifs. Le recours à un revendeur connecté au réseau canalisé n'est en général pas exclusif. On peut imaginer qu'un recours temporaire à un autre revendeur a lieu si le premier choisit ou est contraint de limiter ou de cesser provisoirement son activité. Des coupures

d'eau sont en effet possibles, qu'elles soient consécutives à une rupture technique de l'approvisionnement (accident technique sur le réseau ou baisses de pression intermittentes) ou bien à une fermeture provisoire de la ligne (résiliation volontaire ou défaut de paiement). Le revendeur habituel peut aussi s'absenter pour un temps. Des tarifs de revente plus avantageux ou un meilleur service peuvent enfin justifier un changement de fournisseur.

Ainsi, dans un marché relativement ouvert à la libre concurrence et où l'obligation de service n'existe pas, ni pour l'approvisionnement des revendeurs par la société distributrice, ni pour celui de leurs clients par les revendeurs, de nouvelles liaisons alternatives ou substitutives peuvent venir sans cesse modifier la configuration du réseau de redistribution.

La possibilité de liaisons alternatives ne concerne d'ailleurs pas seulement la revente de voisinage, mais aussi celle par livraison/portage. Aux raisons évoquées ci-dessus (rupture d'approvisionnement au point d'eau habituel), il s'ajoute pour les livreurs/porteurs la possibilité d'aller remplir leur récipient à un point d'eau éventuellement plus proche à la fin de leur tournée.

Considérés dans la durée, les sous-réseaux de redistribution apparaissent donc beaucoup plus "connectifs" que ce qu'un "instantané" de leur structure pourrait laisser croire.

Les figures IV.2 et IV.3 (voir page suivante) représenteraient ainsi un tel "instantané" des liaisons redistributives sur une journée par exemple. Enrichi par les autres liaisons temporaires, le schéma du réseau pourrait devenir celui de la figure IV.4.

Si l'on prend en compte toutes ces liaisons de report auxquelles ménages et porteurs peuvent avoir recours provisoirement, on conçoit alors que le réseau redistributif dans son ensemble puisse devenir connexe.

De ce point de vue, **la connectivité du réseau redistributif apparaît potentiellement beaucoup plus élevée que celle du réseau distributif.**

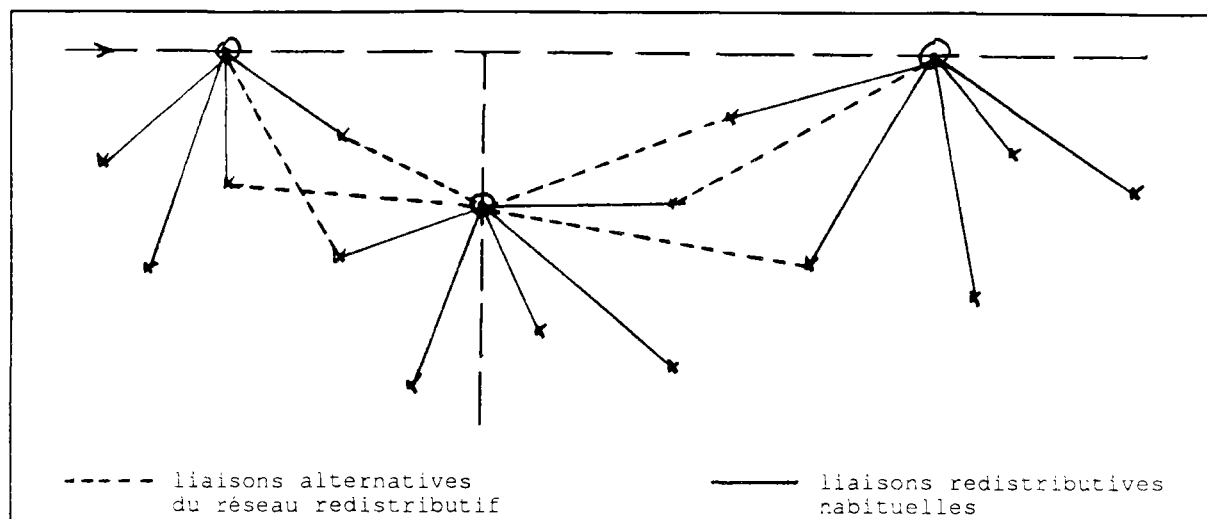


figure IV.4 RÉSEAU DE REDISTRIBUTION AVEC LIAISONS ALTERNATIVES

c- corrélation spatio-temporelle des réseaux distributifs et redistributifs

L'application du concept de corrélation spatio-temporelle à un réseau territorial est due à GOKALP qui l'a explicitée notamment dans une communication au Groupe "Réseaux" de l'E.N.P.C.. Dans l'ouvrage qu'il a consacré aux fondements d'une théorie de la Réseautique Territoriale, DUPUY reformule le concept de GOKALP et en précise les liens avec les notions d'homogénéité et d'isotropie. D'une façon générale, "la corrélation spatio-temporelle d'un réseau R traduit la cohérence dans le temps ou dans un espace donné des entrées et des sorties qui caractérisent des éléments distincts de B dans le système S"¹.

Remarquons tout d'abord que la distance au lieu d'approvisionnement est susceptible de varier dans les mêmes proportions dans les systèmes de distribution comme dans ceux de redistribution. A un raccordement privatif correspond une distance nulle pour le ménage considéré (système distributif). De même, la distance à parcourir est nulle pour le ménage se

¹ DUPUY, idem, page 80; S désigne la réunion d'un ensemble A d'éléments et de l'ensemble R des relations (ou réseau) entre ces éléments ("relation" doit être comprise ici comme la façon dont les quantités d'entrée d'un élément a_j dépendent des quantités de sortie d'un élément a_i ; B désigne la réunion de A et de l'environnement du système.

faisant livrer l'eau à domicile ou pour le locataire achetant l'eau au robinet de son logeur, sur la même parcelle (système redistributif). La distance peut être plus ou moins élevée selon la proximité de la borne-fontaine gratuite (système distributif) ou de la borne-fontaine privée ou concédée du revendeur (système redistributif).

Le critère de distance ne permet donc pas a priori de différencier les niveaux de service de ces deux systèmes.

A distance donnée du lieu d'approvisionnement, cependant, le temps nécessaire à l'approvisionnement diffère généralement selon le système.

Ainsi, il apparaît assez clairement que les systèmes distributifs bénéficient d'une corrélation spatio-temporelle bien meilleure que celle des systèmes redistributifs lorsque la distance est nulle. Si le réseau de distribution fonctionne normalement, il suffit à un individu raccordé d'ouvrir le robinet pour être servi, tandis que le client d'un livreur doit passer commande et/ou attendre la tournée de livraison.

Toutefois, au fur et à mesure que la distance croît, le temps d'approvisionnement auprès du réseau distributif augmente rapidement et dépasse vite celui du réseau redistributif. En effet :

- le client d'un revendeur de voisinage bénéficiera toujours d'horaires d'approvisionnement plus favorables que l'utilisateur d'une borne-fontaine publique;
- même si une zone est mal desservie par le réseau canalisé, le nombre de revendeurs de voisinage est presque toujours plus élevé que le nombre de BF publiques;
- des distances moyennes d'approvisionnement élevées accentuent d'une part les phénomènes d'attente et de bousculades aux BF publiques et favorisent d'autre part l'apparition de services de livraison/portage.

La corrélation spatio-temporelle des réseaux redistributifs diminue donc moins vite que celle des réseaux distributifs lorsque la distance à parcourir par l'utilisateur croît.

Par ailleurs, il est fréquent que le réseau distributif subisse des coupures ou des baisses de pression, accidentelles ou chroniques (heures de pointe, périodes de sécheresse). Ces dysfonctionnements annulent temporairement la corrélation spatio-temporelle d'une partie du réseau de distribution. Mais, s'ils affectent indirectement celle du réseau redistributif, ils ne l'empêchent cependant pas de

fonctionner. Les clients affectés par les coupures d'eau ou les livreurs/porteurs ne trouvant plus d'eau à la borne-fontaine recourent à d'autres points d'eau du réseau encore approvisionnés. Les ménages privés d'eau à domicile délaissent parfois eux-mêmes leur branchement pour recourir au système redistributif.

Si l'on considère le fonctionnement moyen du système global d'AEP (distribution + redistribution) sur une durée suffisamment longue, on peut ainsi affirmer que le système redistributif permet de maximiser la corrélation spatio-temporelle du réseau d'ensemble.

2. Un facteur explicatif: les modes d'organisation des systèmes

Les différences que nous venons de décrire entre les propriétés des réseaux distributifs et redistributifs peuvent s'expliquer par les modes spécifiques d'organisation de leurs systèmes respectifs.

Qu'il s'agisse d'un établissement public ou d'une société privée, la société distributrice entretient avec l'Etat des liens suffisamment étroits pour lui ouvrir l'accès aux capitaux nationaux ou étrangers qui lui sont nécessaires pour financer ses investissements. Elle peut ainsi mettre en oeuvre la technologie à forte intensité en capital qu'exige le choix d'un système moderne d'AEP calqué sur les modèles de références en vigueur dans les pays développés. Quelle que soit la qualité de sa gestion, la société distributrice applique au moins les principes de division du travail et de répartition des tâches entre différentes directions et services: financiers, administratifs, techniques, exploitation, relève, facturation, etc. De la technologie et de l'organisation du travail résultent donc les caractères soulignés précédemment¹ de réseaux avant tout physiques, à forte intensité en capital et à faible intensité en main d'oeuvre.

A l'opposé, les réseaux de redistribution s'appuient sur des opérateurs qui n'ont que peu ou pas accès aux circuits financiers modernes et qui gèrent leur activité de façon familiale (revente de voisinage) ou en déléguant l'exploitation à un "personnel" sans qualifications particulières et très faiblement rémunéré. La plupart des opérateurs des systèmes redistributifs ne se préoccupent d'ailleurs guère de maximiser leur production: les revendeurs

¹ voir supra, pages 134 et suivantes

de voisinage ou les propriétaires de charrettes disposent en général d'une source principale de revenus provenant d'une autre activité et leur main d'oeuvre recherche avant tout un moyen d'occupation ou de subsistance. Dès lors, la technologie mobilisée ne saurait être que faiblement intensive en capital et fortement intensive en main d'oeuvre.

La modestie des immobilisations et des frais fixes, l'influence des relations inter-personnelles, la soumission des prix à discussion ainsi que l'absence de "salariés" déclarés et sous contrat favorisent par ailleurs la mobilité et la souplesse d'adaptation des réseaux redistributifs à la demande, c'est-à-dire son fort potentiel connectif.

Technologie et gestion déterminent aussi l'échelle locale, voire micro-locale de ces réseaux, ce qui justifie leur position territoriale d'infériorité hiérarchique par rapport aux réseaux de distribution. S'atomisant au besoin en micro-réseaux, ils couvrent les espaces laissés vacants par le réseau canalisé, interstices ou marges du territoire desservi par celui-ci.

Par la faculté qu'elle leur confère d'apparaître ou de disparaître selon les besoins et par la disponibilité horaire des revendeurs, l'organisation des systèmes redistributifs permet enfin d'expliquer pourquoi la corrélation spatio-temporelle des réseaux redistributifs devient relativement meilleure que celle des réseaux distributifs lorsque le niveau de service assuré par ceux-ci se dégrade.

INTRODUCTION

Au-delà de l'apparente diversité de formes que revêtent les activités de redistribution de l'eau décrites au chapitre précédent, nous avons pu dégager des quelques cas développés une certaine unité structurelle à laquelle il s'agit maintenant d'attribuer un sens. Il ne suffit pas, en effet, de constater que ces activités semblent venir combler l'absence d'un service accessible de distribution "moderne" de l'eau pour en épuiser le sens. L'économie urbaine des pays en développement recèle d'abondants exemples d'autres biens et services fournis par de petits entrepreneurs privés suivant une *forme de production radicalement différente de celle du secteur capitaliste moderne*. Les nombreux auteurs qui se sont, surtout depuis le début des années 70, attachés à l'étude de ces activités économiques ont, malgré l'hétérogénéité des critères et la diversité des terminologies retenus par les uns et les autres, discerné en elles nombre de caractéristiques communes les apparentant à ***un même système, un même secteur, doté, sinon d'une autonomie, du moins d'une cohérence, d'une dynamique, d'une rationalité et d'une fonction propre.***

En quoi les structures décrites au chapitre précédent confèrent-elles au système redistributif à travers la diversité même de ses formes une fonction qui lui est propre? En quoi répond-il à une véritable nécessité économique et sociale dépassant la seule raison de l'insuffisance du développement des réseaux de distribution? Comment définir sa fonction et la façon dont celle-ci s'articule à celle du système moderne de distribution? Peut-on parler de complémentarité fonctionnelle à propos de ces deux systèmes ou bien de concurrence?

Telles sont les questions auxquelles se propose de répondre le présent chapitre. Un détour par la littérature consacrée au secteur "informel"¹ s'impose tout d'abord (A), avant d'examiner dans quelle mesure les activités de redistribution de l'eau en relèvent (B).

¹ Retenons pour l'instant ce terme par commodité

A. LE SECTEUR INFORMEL

1. "Une zone d'ombre définie par la négation de son contraire..."

HART¹, à qui l'on attribue le terme de "secteur informel", évoquait dès 1971 des "informal income opportunities" par opposition avec celles qui sont formelles, c'est-à-dire telles qu'elles se présentent le plus souvent sous la forme de travail salarié.

Le marché du travail salarié, contrôlé par les pouvoirs publics, avait démontré, dès le début de l'explosion urbaine des années 60, son incapacité à absorber le flux croissant des jeunes migrants ruraux. Aujourd'hui encore, il ne fournit que 20 à 40 % des emplois, selon les cas, à la population active des villes. L'insertion des migrants s'est donc faite principalement par des filières sociales et professionnelles échappant aux décisions et au contrôle publics.

Comme l'a écrit AGIER², "considérant -implicitement ou explicitement- comme seul travail celui qui entrait dans les catégories existantes (d'emploi, de position dans l'entreprise, de type de rémunération) connues ou reconnues en Europe, les études macro-économiques des villes et les recensements statistiques rejetèrent dans la négation simple tout ce qui n'entrait pas dans ces catégories. D'ailleurs, la terminologie hâtivement utilisée pour désigner ces activités fluides (et incontrôlées) indique bien l'euro-péo-centrisme spontané des définitions négatives dont fût affublé ce secteur: "non structuré", "informel", "circuit inférieur de l'économie urbaine", "sous-intégré", etc.

Ainsi, selon le très officiel recensement général de la population de Lomé en 1970, 62% des 53 000 ouvriers, chauffeurs et manoeuvres divers recensés sont restés inclassés et inconnus quant à leur "position dans l'entreprise"! Ils n'entrent dans aucun des registres tout prêts que leur indiquèrent les recenseurs: "personnes travaillant à son compte" (15% s'y sont reconnus), "coopérateur et travailleur familial non rémunéré" (13%), "salarié" (10%)."

¹ HART K. "Informal income opportunities and urban employment in Ghana" In Journal of Modern African Studies, vol. 11, n°1, 1973

² AGIER M. "Un secteur informel très structuré" In Capitales de la couleur, revue AUTREMENT, Paris, octobre 1984

La notion de secteur informel apparaît ainsi d'abord comme "une sorte de fourre-tout où se trouve regroupé l'ensemble des activités qui ne relèvent ni du secteur capitaliste moderne, ni du secteur agricole".¹

Une première réserve s'impose donc quant à cette notion de "secteur informel": elle représente une "zone d'ombre définie par la négation de son contraire (le secteur dit "moderne")", un "produit dérivé de l'idéologie occidentale du travail"².

Au-delà de cette réserve, peut-on déceler quelque cohérence, mentionner quelques caractéristiques propres à ce secteur?

2. La diversité des critères de subdivision de l'économie urbaine

A partir du début des années 70, de nombreuses études ont été entreprises pour tenter de mieux cerner ce secteur, en particulier sous l'impulsion de la Banque Mondiale. Le rapport "KENYA" du Bureau International du Travail, tout en ayant contribué à populariser le terme de "secteur informel"³, se refuse à le définir autrement que par "a way of doing things" caractérisé par:

- la facilité d'accéder aux métiers à son propre compte: peu d'investissements initiaux, pas besoin de diplôme ni de permis;
- l'entreprise est le plus souvent propriété familiale;
- la production se fait à une échelle restreinte, et en utilisant des matières premières locales;
- on utilise des techniques à forte intensité en main d'oeuvre et "adaptées";
- les qualifications ne sont pas apprises à l'école;

¹ MARIE A. "Marginalité et conditions sociales du prolétariat urbain en Afrique. Les approches du concept de marginalité et son évaluation critique" In Cahiers d'Etudes Africaines n 81-83 (Villes Africaines au Microscope), XXI, 1-3, 1982, p. 358

² MARIE A., ibid, p. 358

³ Bureau International du Travail, Employment, incomes and equality in Kenya, Genève, 1972

- on opère sur des marchés échappant à tout règlement, ouverts à la concurrence totale.

Le terme de "secteur" étant employé au sens économique, l'homogénéité qu'il suppose peut, selon HUGON et al.¹, se fonder sur le type de produits ou de services que l'on fournit, sur le statut juridique ou sur le caractère moderne et monétarisé ou non de ces activités.

Le secteur informel comprend les activités commerciales, telles que les marchés urbains², les activités de fabrication traditionnelle comme l'artisanat, ainsi que les transports traditionnels et les prestations de service.

La liste suivante donne un aperçu des types d'activités les plus importants et les plus souvent cités comme relevant du secteur informel en Afrique Noire:

- *activités artisanales:*

fondeur d'aluminium, fabricant de lit, dolotière, tailleur, cordonnier, tapissier, menuisier métallique, potier, vannier, menuisier, forgeron, tisseran;

- *artisanat d'art:*

batikier, fondeur de bronze, bijoutier, sculpteur;

- *artisanat du bâtiment ("tâcherons"):*

ferrailleur, électricien, plombier, maçon, peintre, briquetier ou mouleur;

- *artisanat de service:*

garagiste, démolisseur de voitures, vulcanisateur, électricien (voiture), réparateur de vélos et motocycles, meunier, horloger, réparateur de radios, TV et réfrigérateurs, réparateur de machines à coudre, ferrailleur-ramasseur, blanchisseur;

- *transports:*

transporteur de marchandises, de bois, d'eau, de personnes.

Certaines de ces activités ont une origine traditionnelle relevant de l'économie pré-coloniale, qu'HOPKINS étudie pour

¹ HUGON P., NHÛ LÊ A., MORICE A. La petite production marchande et l'emploi dans le secteur informel, I.E.D.E.S., Paris, 1977-1978

² longtemps exclus des préoccupations des chercheurs, beaucoup plus étudiés par les anthropologues que par les économistes

l'Afrique de l'Ouest¹. Dans ce cas, elles ont pu perdurer, selon ce dernier², parce qu'elles bénéficient de frais fixes et de frais de transport peu élevés, ou parce qu'elles fabriquent un produit spécial, possédant une signification rituelle ou davantage apprécié par le client que leurs équivalents importés, ou bien encore parce qu'elles ont adopté des techniques nouvelles (machines à coudre par exemple pour les tailleurs). D'autres apportent des services qui sont une réponse à des besoins nés de l'économie moderne et de la vie urbaine notamment.

Comme caractéristiques minimales communes aux activités du secteur informel, MAC GEE³ et SANTOS⁴ ont cité celles de production à petite échelle, à forte intensité en main d'oeuvre et à faible intensité en capital.

Selon le premier, l'ensemble des caractéristiques du secteur informel est résumé dans le tableau V.1 ci-dessous.

tableau V.1 CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR INFORMEL SELON MACGEE

concernant le process de production	concernant les relations avec les clients, le gouvernement, etc.
technologie à forte intensité de main d'oeuvre en général, entreprises familiales peu de capitaux horaires irréguliers frais pas nécessairement fixes peu de stock, le plus souvent de mauvaise qualité peu de bénéfice en rapport avec le chiffre d'affaire faibles frais d'entreprise fixes	les prix peuvent être discutés relations personnelles avec le client pas de publicité pas de crédit personnel institutionnalisé pas ou presque d'aide gouvernementale peu ou pas dépendant de l'étranger

¹ HOPKINS A.G. An economic history of West Africa, Longman Ed., Londres, 1973

² ibid, p. 251

³ MAC GEE T.C. Policies for the Urban Informal Sector of the Less Developed Countries, The Australian National University, Cambera, 1974

⁴ SANTOS M. L'espace partagé; les deux circuits de l'économie urbaine des pays sous-développés, ed. M.T. GENIN, Librairies Techniques, Paris, 1975

Selon le second¹, elles peuvent être décrites comme indiqué dans le tableau V.2 ci-dessous.

tableau V.2 CARACTÉRISTIQUES DES DEUX CIRCUITS DE L'ÉCONOMIE URBAINE DES PAYS SOUS-DÉVELOPPÉS D'APRÈS SANTOS

	circuit supérieur	circuit inférieur
technologie	capital-intensive	labor-intensive
organisation	bureaucratique	primitive
capitaux	importants	minces
emploi	réduits	volumineux
salariat	dominant	pas obligatoire
stock	grande quantité et/ou haute qualité	petites quantités, qualité inférieure
prix	fixes (en général)	soumis à discussion entre vendeurs et acheteurs
crédit	bancaire institutionnel	personnel, non institutionnel
marges bénéficiaires	réduites à l'unité mais importantes par le volume d'affaires	élevées à l'unité mais petites par rapport au volume d'affaire
rapports avec la clientèle	impersonnels et/ou avec des papiers	directs, personnalisés
coûts fixes	importants	négligeables
publicité	nécessaire	nulle
réutilisation des biens	nulle	fréquente
"overhead capital"	indispensable	non indispensable
aide gouvernementale	importante	nulle ou presque nulle
dépendance directe de l'extérieur	grande, activité extravertie	réduite ou nulle

Pour son travail sur les secteurs informels de Dakar et de Ouagadougou, VAN DIJK² préfère retenir certains critères opérationnels de façon à repérer facilement sur le terrain les activités qui en relèvent. Ces critères figurent sur le tableau V.3 au verso.

VAN DIJK remarque que, si ces critères vont souvent ensemble, le plus important d'entre eux est cependant le manque de statut juridique, parce que ceci implique généralement que le personnel n'est pas enregistré et que le salaire minimum n'est pas versé.

¹ SANTOS, idem, p.138

² VAN DIJK P. Le secteur informel de Dakar et Le secteur informel de Ouagadougou, collection Villes et Entreprises, L'Harmattan, Paris, 1986, p. 14

tableau V.3 CRITÈRES POUR UNE DÉFINITION OPÉRATIONNELLE DU SECTEUR INFORMEL D'APRÈS VAN DIJK

L'entrepreneur ne tient pas de comptabilité
L'entreprise n'est enregistrée nulle part
L'entreprise n'est pas raccordée au réseau électrique
L'entrepreneur n'a pas de permis pour s'établir
L'entrepreneur n'a pas d'emplacement fixe
L'entrepreneur n'a pas d'atelier en parpaings ou en briques de terres
L'entrepreneur ne dispose pas de certaines machines (à spécifier par activité)
L'entreprise n'a pas de statut juridique
Le personnel ne touche pas régulièrement le salaire minimum fixé par la loi
Le personnel n'est pas inscrit à la Caisse de sécurité sociale

Différentes notions et définitions sont utilisées pour subdiviser l'économie urbaine. Les plus fréquemment employées sont mentionnées dans le tableau V.4 ci-dessous.

tableau V.4 SUBDIVISIONS ALTERNATIVES DE L'ÉCONOMIE URBAINE (D'APRÈS VAN DIJK)

Auteur	Subdivision	Caractérisation de la distinction
<hr/>		
GEERTZ	"Bazaar economy versus firm-centered economy"	l'"économie de bazar" est née du système agraire, l'autre du système capitaliste
HART	"Informal and formal activities"	indépendant, ou salarié dans une entreprise moderne
MAZUMDAR	"Unprotected versus protected sector"	productivité faible dans le secteur non protégé; dans le secteur protégé: ouvriers protégés par la loi grâce à l'influence des syndicats
SANTOS	"circuits supérieur et inférieur de l'économie"	le circuit inférieur comprend les activités de production traditionnelles comme celles des artisans, des transporteurs traditionnels et des métiers rendant service à la population

On constate que les différentes notions ne se rapportent manifestement pas aux mêmes groupes de gens ou d'activités.

Les sources de confusion sont donc nombreuses, ainsi que les critiques sur les études dualistes de l'économie urbaine.

BROMLEY¹ résume un certain nombre de défauts de la notion de secteur informel. D'après lui, il s'agit d'une division peu nuancée de l'économie et la division manque de logique parce que des critères différents sont utilisés simultanément pour distinguer les deux secteurs. On pense d'ailleurs souvent à tort que les secteurs sont indépendants l'un de l'autre. On ne prend pas non plus en considération d'autres secteurs de l'économie ou l'on est d'avis que le secteur informel n'a pas d'avenir. Faute de matériaux historiques, il est parfois avancé que le secteur informel n'a pas non plus de passé. On confond enfin foyers, quartiers, personnes ou entreprises comme unités de recherche et l'on assimile à tort le secteur informel aux pauvres des villes.

En réalité, les études procèdent de perspectives différentes les unes des autres selon leur but et les questions auxquelles elles se proposent de répondre. Une perspective macro-économique recherchera par exemple la contribution du secteur informel à l'emploi et au revenu national. Quels produits sont fabriqués dans ce secteur et dans quelle mesure sont-ils concurrentiels avec les marchandises importées ou fabriquées dans le secteur moderne? Quelles sont les conditions de travail dans le secteur informel et quelle est l'influence de toutes sortes de lois et dispositions sur le fonctionnement de ce secteur? Quel rôle le secteur pourrait-il jouer dans le développement du pays? A partir d'une perspective micro-économique, on pose alors les questions suivantes: quels facteurs déterminent le revenu et l'emploi dans l'entreprise? Quel est le comportement économique du petit entrepreneur, quelles décisions prend-il et pour quelles raisons? Comment choisit-il par exemple une certaine technologie?

3. Taille des entreprises, localisation et emploi

a. Une multitude d'entreprises de petite taille

Petits commerces, petites industries, artisanat ou services, toutes les activités du secteur informel se caractérisent par les **petites dimensions de leur entreprise**. Leur capital est

¹ BROMLEY R. "The Urban Informal Sector" In World Development, Vol. 6, n°9-10, sept.-oct. 1978

réduit, ainsi que leur chiffre d'affaires; les stocks sont minces et le nombre de personnes occupées dans chaque établissement est faible. Ces petites activités ont besoin de peu d'espace et peuvent même se loger dans la maison des agents.

Le tableau V.5 présente une comparaison entre la situation du commerce moderne et celle du commerce de petit détail (secteur informel) dans la région de Bouaké (Côte d'Ivoire). Il permet de mesurer les disparités entre le nombre d'entreprises et leur personnel d'une part, le stock et le chiffre d'affaires d'autre part¹.

Cette "pulvérisation" des commerces provoque souvent l'étonnement du visiteur non habitué aux réalités de ces pays. "L'impression est parfois que tout le monde a quelque chose à vendre" dit VENNETIER² à propos de l'Afrique Occidentale. Un chercheur, à propos du nombre de coiffeurs rencontrés dans un bidonville sud-américain, a dit qu'il ne pourrait jamais comprendre comment les 200 personnes pouvaient gagner assez d'argent pour vivre³. Chez les artisans, ce sont surtout les tailleurs qui impressionnent par leur nombre. VENNETIER⁴ en recensait 609 à Pointe-Noire, soit un pour 27 ménages, et 450 couturières.

tableau V.5 COMMERCE MODERNE ET DE PETIT DÉTAIL À BOUAKÉ

	commerce moderne	petit détail	total
entreprises	3,5%	96,5%	100%
personnel	10,6%	89,4%	100%
stock	89,2%	10,8%	100%
chiffre d'affaires	70,0%	30,0%	100%
marge bénéficiaire	44,2%	55,8%	100%

¹ source: Etude Régionale de BOUAKE, 1962-1964, t. II

² VENNETIER P. Le développement urbain en Afrique tropicale, Cahiers d'Outre-Mer, t. XXII, n°85, pp 5-62, 1969

³ ORLOVE B. Kinship and economics in the favela, Thesis (B.A.), Harvard University, 1969, 94p.

⁴ VENNETIER P. Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville, Mémoires ORSTOM, n°26, Paris, 1968

En fait, comme l'explique SANTOS¹, une telle pulvérisation a des explications géographiques et socio-économiques. D'une part, les habitants des quartiers pauvres achètent sur place, le prix des transports ne leur permettant pas d'accéder aux commerces modernes souvent situés au centre des villes. **La densité et la répartition des boutiques se calquent ainsi sur les possibilités de déplacement à pied de la clientèle.** La vente au micro-détail permet par ailleurs au client pauvre qui ne dispose que de faibles revenus au jour le jour de s'approvisionner en petites quantités. SANTOS note d'ailleurs que plus la population est pauvre, plus les commerces sont de petites dimensions. **La dimension des commerces est donc une adaptation à une consommation faible et irrégulière.**

La raison des stocks réduits et de leur renouvellement quotidien² est aussi à rechercher dans le fractionnement des achats de la part des clients dans "cette sorte de "hand-to-mouth basis" commerce" si caractéristique des villes tropicales"³. On achète peu et on achète tous les jours. Le commerçant doit de son côté se réapprovisionner en petites quantités et tous les jours parce qu'il a besoin d'avoir un stock diversifié sur un petit espace, qui, de plus, n'est pas équipé pour conserver les denrées périssables; mais aussi parce que ses possibilités financières sont limitées et le mettent dans la dépendance du crédit de la part d'un grossiste ou demi-grossiste: il ne peut lui aussi acheter qu'en petites quantités et ne stocker que ce qu'il peut vendre ou stocker.

b. Travail à la maison et commerces ambulants

Le point de vente des commerçants ou le local de travail des artisans est fréquemment leur lieu même d'habitation. Cela représente une économie de temps et d'argent et constitue souvent la seule possibilité d'avoir une activité économique. Cela peut signifier aussi la possibilité d'échapper aux impôts. Les femmes commerçantes peuvent avoir en même temps d'autres activités, notamment de mère de famille. Ce travail à la maison facilite les rapports de voisinage puisque les clients sont sûrs de pouvoir être servis à n'importe quelle heure, même les dimanches et jours fériés.

¹ SANTOS, ibid, p. 200

² LASSERRE G. Libreville, A. Colin, Paris, 1958, pp 183-184

³ SANTOS, ibid, p. 202

Les vendeurs de rue constituent le niveau inférieur de pulvérisation du commerce, le dernier maillon de la chaîne d'intermédiaires entre les importateurs, industriels ou grossistes et le consommateur¹. Moins dépendants de la clientèle que les autres commerçants, ils vont à la rencontre d'éventuels clients. Mais surtout, le commerce ambulant permet d'immobiliser le minimum de capital². Il arrive que les petits marchands ambulants ne soient pas des indépendants, mais "de vrais employés de patrons invisibles, qui commandent des micro-chaînes de commercialisation"³.

c. Le secteur informel et l'emploi

Dans les villes des pays en développement, particulièrement celles qui ont été atteintes par un exode rural massif, les revenus proviennent en grande partie d'activités autres que le salariat. Celui-ci ne fournit que 30 à 50% du revenu total des actifs, selon les cas. Si le secteur informel offre à la population pauvre un grand nombre d'emplois, c'est grâce à la somme des possibilités offertes par la multitude des petites entreprises, souvent familiales ou individuelles. Chaque unité de production, de commerce ou de service, ne peut cependant offrir qu'un nombre restreint d'emplois.

Fréquent dans les petites entreprises du secteur informel, l'emploi familial permet d'augmenter l'output sans avoir besoin de mobiliser davantage de capital. Faire appel à des salariés rendrait la petite entreprise moins compétitive et l'obligerait à payer des charges sociales et des impôts.

d. La dépendance des intermédiaires

"La prolifération du nombre d'intermédiaires, explique SANTOS⁴, est un phénomène commun aux économies des pays développés et sous-développés, mais les causes n'en sont pas

¹ SANTOS, ibid, p. 204

² MC GEE Hawkers in Hong-Kong, an outline of research, project and fieldwork, Centre for Asian Studies, University of Hong-Kong, 1969, p. 9 et Dualism in the Asian City: the implications for city and regional planning, Centre for Asian Studies, University of Hong-Kong, 1970

³ SANTOS, ibid, p. 205

⁴ SANTOS, ibid, p. 210 et suivantes

les mêmes. Dans les pays développés, la spécialisation autant sectorielle que géographique des activités a pour but une meilleure productivité et crée un marché pour des activités de service. Dans les pays sous-développés, **l'existence d'intermédiaires est la condition même, la base, des possibilités structurelles de fonctionnement de l'économie.** Les inégalités de revenus sont telles que l'économie ne pourrait fonctionner sans cela. Plus l'individu est pauvre, plus il dépend des intermédiaires pour s'approvisionner (...). [L'importance de l'intermédiaire] vient du fait que nombreux sont les commerçants qui ne peuvent s'adresser directement ni aux producteurs ruraux, ni aux importateurs et grossistes pour les approvisionnements (...). L'intermédiaire grossiste ou camionneur agit comme un joint entre la demande et l'offre qui ne coïncident pas dans le temps, ni en qualité ou en quantité. Cela lui donne un rôle privilégié et une position stratégique dans l'approvisionnement, qui peuvent mener à la spéculation. Son rôle est d'autant plus dominant qu'il est d'ordinaire le seul à disposer de crédit bancaire et aussi d'argent liquide pour effectuer les achats directement ou en passant par d'autres intermédiaires. En face de lui, les petits commerçants du marché ou des quartiers pauvres ne disposent que très rarement des moyens financiers qui leur permettraient d'aller chercher sur place la production agricole (...). Les grossistes tirent aussi leur force de leur capacité d'entreposer les marchandises alors que les commerçants du circuit inférieur n'ont que de petits stocks et que leur clientèle achète au jour le jour et en petite quantité".

4. Capital, crédit et marges bénéficiaires

a. Le besoin d'argent liquide et la circulation de la monnaie

Même si les opérations sont faites à crédit¹ et à très petite échelle, elles n'en sont pas moins faites en terme d'argent. **Le secteur informel relève d'une économie monétarisée.** L'expansion de la monétarisation et de la consommation moderne aggrave le besoin d'argent liquide qui assure au sein du secteur informel plusieurs fonctions.

En ville, l'autosubsistance disparaît au fur et à mesure que progresse l'urbanisation et que s'accroît la taille des villes. L'urbanisation implique donc l'utilisation de l'argent liquide comme instrument d'échange. "Alors que les échanges

¹ voir infra page 158

se font de plus en plus par l'intermédiaire de papiers au fur et à mesure que l'on va vers le circuit supérieur [le secteur moderne], dans le circuit inférieur, au contraire, les opérations se font en argent liquide"¹.

Rares sont les agents du secteur informel, commerçants ou consommateurs, qui ont en effet accès au secteur bancaire. D'autre part, une économie moderne en expansion a tendance à absorber les capitaux disponibles, ce qui a pour conséquence que la rareté de l'argent dans le secteur informel s'en trouve accentuée. Le déséquilibre entre la masse monétaire à la disposition du secteur informel et la masse des utilisateurs est flagrant. Outre par le recours au crédit², les besoins en numéraire s'y trouvent donc satisfaits par une **circulation plus rapide de la monnaie**. L'une et l'autre solution ne sont pas contradictoires. Selon SANTOS³, "l'insuffisance de capital pousse à avoir recours au crédit pour rentrer ou rester dans une activité de commerce ou de fabrication; mais pour garder le crédit, il est indispensable de trouver de l'argent liquide pour payer au moins une partie des dettes contractées. L'argent liquide fonctionne comme premier paiement pour obtenir le crédit puis comme acompte pour le conserver". GEERTZ⁴ attribue ainsi à l'argent liquide le rôle de "lubrifiant" des rouages du secteur informel.

Chaque opération se faisant sur de très petites sommes, la petite monnaie est l'instrument indispensable dans les activités de commerce.

Enfin, **la rapidité de la circulation de l'argent est facilitée par le nombre élevé des intermédiaires et des agents travaillant dans le secteur informel**, et permet en outre à un plus grand nombre de personnes d'avoir un gagne-pain et de consommer.

En revanche, si le capital circule, il y a peu d'accumulation.

¹ SANTOS, ibid, p. 215

² voir infra, page 158

³ SANTOS, ibid, p. 218

⁴ GEERTZ C. Peddlers and Princes, The University of Chicago Press, 1963, p. 39

b. Carence en capital et besoin de crédit

La carence en capital concerne toutes les petites entreprises. Disposer d'argent liquide signifie échapper à l'intermédiaire financier et pouvoir faire un bénéfice plus grand. Mais il n'est pas question d'obtenir un crédit bancaire, excepté pour le grossiste. Les petites activités du secteur informel n'offrent pas suffisamment de garanties pour obtenir ce type de crédit. Les capitaux ne vont que là où la rentabilité est assurée, bien que chaque opération du secteur informel puisse dégager une rémunération élevée au capital investi. Mais **l'obstacle primordial se trouve dans les traites à payer à dates fixes**, que le principe même du fonctionnement du secteur informel interdit. De toutes façons, la petitesse des opérations ne serait pas rentable pour la banque.

De nombreuses études se sont intéressées aux solutions ingénieuses que les commerçants trouvent parfois pour pallier la carence de capital de mouvement. Outre les pratiques commerciales particulières de type *vente à perte* ou *commerce triangulaire*, les plus remarquables sont les associations d'entr'aide dont la "**tontine**" constitue l'exemple le plus connu et le plus répandu. Le principe en est le suivant: plusieurs femmes d'un même marché par exemple cotisent à une caisse commune et la totalité des sommes réunies est remise chaque jour à l'une des vendeuses, à tour de rôle, lui permettant d'acheter en plus grandes quantités et à meilleur prix¹. De cette façon, ces femmes peuvent échapper au système usuraire et réalisent un bénéfice net plus important qui renforce, au moins temporairement, leur position sur le marché. Cet exemple se reproduit dans beaucoup d'autres villes africaines comme à Brazzaville, étudiée par BALANDIER², mais

¹ décrit par SANTOS, ibid, p. 221, pour Cotonou, et par AGNESSY D. ["La femme dakaroise commerçante du détail sur le marché", in Dakar en devenir, Paris, Présence Africaine, 1968, p. 419] pour Dakar

² BALANDIER G. Sociologie des Brazzavilles Noires, A. Colin, Paris, 1955

aussi en Corée (le système s'appelle "kye": voir BARRINGER¹ et LEE²), à Singapour³, en Jamaïque (les "partners"⁴), etc.

D'autres associations communautaires à vocation financière sont décrites dans la littérature. Toutes ces formules "obéissent au même besoin pressant d'obtenir de l'argent liquide et d'échapper, ne serait-ce que provisoirement, à l'usure"⁵ et permettent une certaine accumulation de capital qui serait inaccessible par le système bancaire moderne. Ces systèmes informels et non institutionnalisés sont des innovations non importées, des inventions locales nées des besoins de la vie urbaine. En revanche, les systèmes formels tels que des coopératives réunissant des petits commerçants ou des artisans sont rares.

c. Commerce de micro-détail et crédit aux clients

D'après LASSERRE⁶, seuls les petits commerces du circuit inférieur sont adaptés aux conditions de la clientèle par la vente à crédit et par le fractionnement des marchandises.

VENNETIER⁷ remarque que le commerce de détail "répond à une nécessité économique; l'acheteur peut avoir 10 francs chaque jour pour se procurer 8 morceaux de sucre, mais il n'a pas 30 francs pour prendre le kilo en une seule fois".

¹ BARRINGER H.R. Migration and social structure, in LEE M.G., BARRINGER H.R. A city in transition, urbanization in Taequ, Korea, Hollym Corporation Publishers, Seoul, Korea, 1971, p. 310

² LEE M.G. Social organizations, in LEE et BARRINGER, ibid, p. 368-369

³ BUCHANAN I. Singapore in Southeast Asia, Bell and Sons, London, 1972, p. 237

⁴ KATZIN M.F. Partners: an informal savings institution in Jamaica, In Social and economic studies, vol. 8, n° 4, déc. 1959

⁵ SANTOS, ibid, p. 222

⁶ LASSERRE, ibid

⁷ VENNETIER P. Un quartier suburbain de Brazzaville, Moukondji-Ngouaka, Bulletin de l'Institut d'Etudes Centrafricaines, Brazzaville, n° 19-20, 1960

SANTOS souligne qu'il ne faut pas en conclure que la population pauvre est indifférente à la notion de prix. "Ce serait une erreur d'interpréter ce comportement par des données culturelles. Il s'agit en fait du seul type de relation économique possible dans les conditions de fonctionnement de l'économie urbaine pauvre"¹.

Bien souvent, les ménages ne peuvent obtenir de crédit que dans le secteur informel. Ils y payent d'abord un acompte, puis une grosse partie de la somme totale lorsqu'ils viennent chercher leur commande et le solde est éventuellement réparti sur plusieurs mois, par exemple aux dates où ils perçoivent leur salaire². SANTOS remarque que le crédit personnel s'applique surtout aux produits de consommation courante, quotidienne et incompressible, ce qui explique que les commerces alimentaires du "circuit inférieur" soient fréquentés par des consommateurs de différentes classes sociales. "Ce crédit est personnel, ajoute-il, et se fait entre amis, connaissances et voisins. (...) En fait, il n'y a pas de cas de faillite dans la vente à des voisins ayant des revenus petits et irréguliers. ***Dette monétaire et dette de reconnaissance assurent une clientèle fixe et il s'établit une liaison personnelle entre le débiteur et son créancier à tous les niveaux du circuit inférieur***"³.

d. Les marges bénéficiaires

La multiplication du prix initial de la marchandise à travers sa chaîne de distribution résulte du processus de fractionnement. Le petit stock du détaillant est l'aboutissement du passage des marchandises entre les mains d'un grand nombre d'intermédiaires. Le petit commerçant du secteur informel ne vend par ailleurs que de très petites quantités à chaque client, parfois à crédit, et n'est pas toujours sûr de vendre son stock dans la journée. ***Aussi le détaillant doit-il avoir une marge bénéficiaire élevée, alors que le bénéfice global reste relativement maigre.*** "Si le bénéfice total augmente avec la taille de la boutique, c'est dans les plus petites unités de commerce que les marges bénéficiaires sont les plus élevées, explique SANTOS⁴. En effet, le vendeur de rue peut se limiter à quelques produits

¹ SANTOS, ibid, p. 225

² VAN DIJK, ibid, p. 110

³ SANTOS, ibid, p. 227; c'est nous qui soulignons.

⁴ SANTOS, ibid, p.232

intéressants, tant du point de vue des coûts d'achat que des prix de vente, tandis que les petits commerces locaux doivent offrir une gamme de produits aussi étendue que possible. Mais le commerce de rue est plus aléatoire, sa clientèle est moins sûre et il peut se passer des journées sans aucun gain".

5. Un secteur d'intégration et de répartition de la pénurie

GEERTZ¹, SAYLOR², HILL³, SANTOS⁴, parmi tant d'autres, ont souligné l'extrême rationalité de l'économie pauvre des villes du Tiers-Monde.

Alors que le secteur moderne tend plutôt à créer la conjoncture qu'à s'y adapter, **le secteur informel a au contraire pour vocation une adaptation étroite aux conditions conjoncturelles**. Il est favorisé en cela par la divisibilité et la mobilité tant de la main d'oeuvre que du capital, qui permettent aux entrepreneurs de suivre avec plus de souplesse les variations quantitatives et qualitatives de la demande et améliorent ainsi les rendements marginaux de l'entreprise.

La modernisation, qui s'accompagne d'un changement de la structure de la consommation, se répercute directement sur la structure du secteur informel. Il facilite alors la consommation des produits modernes tout en les produisant ou en les commercialisant avec des techniques moins modernes.

La petitesse du capital investi permet à l'artisan ou au commerçant de changer d'activité sans trop de problèmes si la conjoncture lui fait sentir le besoin d'une reconversion. Son installation elle-même souvent précaire, n'est pas une gêne. Son comportement est une réponse directe à la demande du marché local et en dépend totalement. Cela suppose alors que l'activité peut n'être que périodique ou saisonnière et doit être capable de disparaître provisoirement puis de réapparaître.

¹ GEERTZ, ibid, p. 43

² SAYLOR R.G. The economic system of Sierra Leone, Duke University, Durham D.C., 1967, p. 99

³ HILL P. Studies in rural capitalism in West Africa, Cambridge University Press, 1970, p. 4

⁴ SANTOS, ibid, p. 244

La mobilité dans l'emploi du secteur informel est une véritable porte de secours pour quantité d'habitants des villes du Tiers-Monde. Le secteur informel, par sa capacité de gonflement, intervient pour éponger le trop-plein de main-d'oeuvre.

Il constitue donc un mécanisme d'intégration permanente, intéressant en premier lieu toute une masse de migrants insolvables et non qualifiés. Il fournit une quantité d'emplois maximum pour une immobilisation de capital minimum. Pour SANTOS, la meilleure définition de la rationalité du système est "***l'équilibre de la pénurie, caractéristique du circuit inférieur***".

B. IDENTIFICATION AU SECTEUR INFORMEL ET LIEUX DE RUPTURE

Notre propos est à présent d'examiner dans quelle mesure la redistribution de l'eau potable peut être identifiée à une activité du secteur informel de l'économie urbaine.

Pour cela, il nous faut rapprocher la description des systèmes redistributifs (chapitre IV) des principaux traits du secteur informel tels qu'ils ressortent de la littérature¹.

1. Technologie, capitaux et emplois

Ainsi que nous l'avons montré dans le chapitre IV², la technologie mise en oeuvre par les systèmes distributifs permet de distribuer annuellement par personne employée quelques dizaines de milliers de mètres cubes d'eau à plusieurs dizaines de ménages, alors que chaque revendeur n'approvisionne guère qu'une vingtaine de ménages au maximum, à raison de quelques centaines de mètres cubes par an.

L'investissement lié à ces technologies fait de la distribution d'eau une activité fortement capitalistique (par abonné: 100 000 Frs CFA pour le raccordement et plusieurs dizaines de milliers de francs CFA pour le réseau de transport

¹ voir supra V.A LE SECTEUR INFORMEL

² voir supra, IV.C.1, a- nature des réseaux distributifs et redistributifs, pages 134 et suivantes

canalisé), et de la redistribution une activité au contraire très faiblement capitalistique (*par ménage desservi*: moins de 30 000 Frs CFA pour le point de distribution et moins de 2 500 Frs CFA pour le transport).

A la suite d'une enquête auprès de 300 entrepreneurs du secteur informel de Ouagadougou, VAN DIJK¹ a pu calculer que leur investissement moyen s'élevait en 1986 à 59 000 Frs CFA. Le coût d'une charrette destinée à la revente ambulante de l'eau, soit 40 000 Frs CFA (86), représente donc un niveau d'investissement typique du secteur informel de cette ville.

S'appuyant sur une **technologie à forte intensité en main d'oeuvre et à faible intensité en capital**, les systèmes redistributifs satisfont donc au critère technologique d'appartenance au secteur informel. Ils s'opposent en cela aux systèmes distributifs qui, dotés d'une technologie à forte intensité en capital et à faible intensité en main d'oeuvre, relèvent de ce point de vue, du secteur moderne.

Comme la plupart des activités du secteur informel, la revente de l'eau se démarque aussi du secteur moderne par la **nature de l'emploi**. La main d'oeuvre des sociétés distributrices est salariée et indépendante. La famille est au contraire à la base de la production des systèmes redistributifs. Ceci est particulièrement clair dans la revente de voisinage, qui mobilise généralement une des femmes du revendeur, ou un jeune parent, ou bien encore tout autre membre de la cellule résidentielle ("famille élargie"). Cela peut être parfois le cas pour la revente par livraison/portage². **Le travail familial non rémunéré s'oppose ici au travail salarié indépendant.**

A Ouagadougou, les livreurs d'eau sont toutefois beaucoup plus souvent rémunérés, mais les "contrats" qui les lient aux propriétaires des charrettes sont très variés, et le salariat ne constitue qu'une modalité possible de rétribution parmi bien d'autres³. On peut d'ailleurs douter qu'il s'agisse là d'un marché du travail réellement libre et indépendant. Même lorsqu'elles ne sont pas familiales, les relations entre "patrons" et "employés" se fondent en effet souvent sur des solidarités inter-villageoises ou inter-ethniques, sur des notions d'alliance, de clientèle ou de parentèle.

¹ VAN DIJK, ibid, page 159

² voir supra, chapitre IV.B.3, page 126

³ voir supra, chapitre IV.B.3, page 127

Notons qu'en tout état de cause, le personnel des revendeurs, familial ou non, n'est jamais inscrit à la Caisse de sécurité sociale, et ne touche pas le salaire minimum fixé par la loi. Les critères relatifs à l'emploi retenus par VAN DIJK pour sa définition opérationnelle du secteur informel¹ sont donc remplis.

2. Localisation des activités

Les deux formes principales de la redistribution de l'eau correspondent précisément aux lieux d'activité privilégiés du secteur informel. Dans le cas de la revente de voisinage, le point de vente est communément le lieu même d'habitation du revendeur et, dans le cas de la livraison/portage, la revente est ambulante, le lieu d'activité "la rue".

Notons d'ailleurs que la revente ambulante de l'eau répond aux mêmes critères relevés plus généralement pour le commerce ambulant: le capital immobilisé est moindre que pour la revente à domicile et les "petits marchands" sont rarement des indépendants.

De même que pour les commerces du secteur informel, la densité et la répartition des points de redistribution d'eau se calquent sur les possibilités de déplacement à pied. Le transport manuel de l'eau étant pénible, l'échelle de la revente est donc celle du voisinage partout où le réseau canalisé la rend possible.

3. Marges bénéficiaires et revenus des revendeurs

A partir des cas développés dans le chapitre IV, on peut dresser le tableau V.6 (voir page suivante), où apparaissent les marges bénéficiaires et les bénéfices globaux mensuels des revendeurs de voisinage (à Abidjan, Brazzaville et Kigali) et des charretiers de Ouagadougou. On a fait figurer également, à des fins de comparaison, le revenu médian et le salaire minimal fixé par la loi.

Les marges bénéficiaires, quoi que très variables, apparaissent extrêmement élevées: le rapprochement des données du tableau ci-dessus et d'autres, plus ou moins éparses, permet d'évaluer les ordres de grandeur suivants:

- 200 à 1 000 % pour la revente de voisinage;

¹ voir supra, page 151

- 600 à 1 600 % pour la revente par livraison/portage.

Ceci s'explique surtout de deux façons:

- en premier lieu, la valeur minimale d'une pièce de monnaie détermine généralement le prix de revente de la plus petite quantité d'eau délivrable. Cette valeur représentant souvent plusieurs fois le tarif pratiqué par les sociétés distributrices pour une quantité équivalente, il en résulte obligatoirement une marge bénéficiaire élevée pour le revendeur de voisinage;
- en second lieu, ce dernier sert bien souvent d'intermédiaire pour la revente par livraison/portage. La marge des livreurs/porteurs s'établit donc à un taux encore supérieur.

tableau V.6 MARGES BÉNÉFICIAIRES ET BÉNÉFICES GLOBAUX MENSUELS DES REVENDEURS DANS QUELQUES VILLES (en Frs Français)

	prix unitaire d'achat (FF/m ³)	prix unitaire de revente (FF/m ³)	bénéfice global (FF/mois)	SMIG (FF)	revenu médian (FF)
Abidjan (85)	1,80-6,60	14,00-20,00	300-1 000	800	300
Brazzaville (84)	1,25-1,75	14,00-20,00	150-600	700	800
Kigali (87)	3,20	7,30	40-65	220	?
Ouagadougou (86)	3,00	15,00	120 ⁽¹⁾ /280 ⁽²⁾	?	400
(1) propriétaires des charrettes					
(2) charretiers					

On retrouve donc dans la revente de l'eau ce phénomène de "majoration effarante des prix au détail"¹, déjà mis en évidence plus haut dans le cas du commerce informel, et résultant du même double processus de fractionnement des quantités vendues et de passage de la "marchandise" entre les mains d'intermédiaires.

Nous retrouvons aussi le même contraste entre bénéfice unitaire et bénéfice global. Le tableau V.6 montre en effet

¹ SANTOS, *ibid*, page 229

que **les bénéfices globaux restent modestes**, contrairement aux bénéfices unitaires.

4. Fonction monétaire et économique

La revente introduit au sein de l'économie de l'eau la possibilité de payer chaque jour en petite monnaie. Elle participe donc au même titre que les autres activités du secteur informel à accélérer la circulation de l'argent.

Car l'approvisionnement en eau potable n'échappe pas à la logique qui régit l'économie urbaine pauvre. De quelle alternative les ménages démunis disposent-ils en effet?

S'ils veulent se raccorder - à supposer qu'ils le peuvent (cas des locataires, des occupants irréguliers) - les ménages doivent non seulement déboursier une somme initiale importante (le coût d'un branchement représente typiquement plusieurs mois de revenu médian) mais encore régler chaque mois ou trimestre la facture de consommation. Ceci revient à acheter l'eau "en gros". Pour la plupart des petits revenus, qui sont quotidiens et irréguliers, ce mode d'achat impose un effort d'épargne rédhibitoire, une contrainte insurmontable de gestion du budget familial sur une base mensuelle.

Il faut ajouter que la disponibilité d'un branchement à domicile conduit insensiblement à consommer davantage que lorsque l'on doit acheter chaque jour l'eau au détail. Il s'agit en effet de veiller à ne pas laisser le robinet ouvert ou à la portée des enfants (ce qui est difficile compte tenu du fait que le robinet se trouve souvent dans la cour), voire à utiliser conjointement l'eau du puits ou du marigot pour les usages autres que la boisson, la cuisson des aliments et la vaisselle.

La possibilité d'acquérir un branchement à crédit ne fait que repousser le problème puisque son remboursement contribue à alourdir encore les factures périodiques¹.

Enfin, la plupart des ménages pauvres n'ont pas accès au système bancaire: leur monnaie n'est pas faite de papier mais des liquidités encaissées chaque jour grâce aux différentes activités rétributrices de leurs membres. Or, le paiement des factures d'eau aux sociétés distributrices s'effectue plutôt par le papier, au plus une fois par mois, et s'accommode mal de règlements en numéraire.

¹ voir supra, chapitre III.C, pages 74 et suivantes

Sans doute un fonctionnaire ou le salarié d'une entreprise moderne, même payé au salaire minimum légal, pourront-ils bénéficier de l'eau à domicile, moyennant peut-être quelques sacrifices. Le coût de ce service, et surtout son mode de facturation, en éloigneront en revanche l'accès à la vendeuse de beignet ou à l'ouvrier journalier.

Ainsi les ménages pauvres se tournent-ils vers le système redistributif de façon à se procurer chaque jour de l'eau potable, non seulement à cause de la faiblesse de leurs revenus mais aussi - et d'une façon plus générale - parce que leur statut de producteurs au sein du secteur informel les exclut de celui de consommateurs du secteur moderne.

5. Aspects culturels et redistribution non marchande

Même si l'existence d'un secteur de redistribution de l'eau peut aisément se justifier par la cohérence économique des décisions de production et de consommation des citoyens pauvres, les motifs d'ordre culturel ne sont cependant pas exclus.

DIANZINGA fait remarquer que la revente de voisinage permet de recréer en milieu urbain une situation traditionnelle qui fonde la quête et la distribution de l'eau sur *les relations sociales et familiales*. "On a l'impression d'acheter l'eau chez un parent" déclare un client interrogé par DIANZINGA¹. Celui-ci ajoute en outre que cette attitude pourrait expliquer le léger discrédit qui semble atteindre ceux qui, faute de liens sociaux, doivent aller à la borne-fontaine.

Mais l'on ne saurait oublier que l'eau n'est pas tout-à-fait une marchandise comme les autres.

Non substituable pour la plupart des usages domestiques dont elle fait l'objet, l'eau demeure encore pour beaucoup un "*don de Dieu*" et sa vente une hérésie ou une perversion. Qu'elle tombe du ciel en abondance comme en Afrique équatoriale ou bien qu'elle soit rare et durement collectée comme en Afrique sahélienne, ***l'eau revêt toujours une valeur symbolique qui la place traditionnellement au-delà des contingences économiques.***

Notons d'ailleurs que dans nos pays développés, le débat sur la gratuité de l'eau a fait long feu. "N'est-il pas anachronique, au XX^{ème} siècle et en Europe, que l'eau, aussi indispensable à la vie que l'air, soit encore livrée à titre

¹ DIANZINGA, ibid, page 208

onéreux, et qu'il en coûte de se laver?" pouvait-on lire dans le journal "l'Aurore" en 1958.

L'obligation de partager l'eau ou de ne jamais la refuser à qui la demande appartient à ces contraintes sociales ou religieuses qui forment heureusement le "fonds de garantie" des populations pauvres d'Afrique. "Annonce-leur que l'eau doit être partagée entre eux et qu'il appartient à chacun de boire à son tour" dit le Coran (Liv. 28).

De fait, nombreux sont les témoignages qui attestent de la pérennité des pratiques de redistribution non marchande, même dans les villes où la revente est d'ordinaire la règle.

A Bangui par exemple, une enquête-ménage¹ a montré que, si le paiement de l'eau revendue aux voisins prédomine pendant les 4 à 5 mois de la saison sèche (de décembre à avril), les cas de gratuité sont les plus fréquents en saison des pluies.

A Tidjikja, ville mauritanienne de 12 000 habitants environ, une récente étude de l'association Ingénieurs Sans Frontières² a pu établir que la majorité des quelque 250 possesseurs de branchements particuliers distribuent gratuitement l'eau à leurs voisins, malgré sa valeur marchande relativement élevée et malgré aussi l'habitude d'acheter l'eau aux bornes-fontaines. Comme les auteurs le notent fort justement, *cette générosité témoigne, ici comme ailleurs, du rang social et du souci d'entretenir à ce titre un réseau de dépendance du type clientéliste.*

On sait du reste qu'un peu partout en Afrique, les propriétaires bénéficiant d'un branchement à domicile redistribuent fréquemment l'eau aux locataires qu'ils logent sur leur parcelle. Revente ou don de l'eau sont alors les **deux formes non contradictoires** sous lesquelles pourront s'exercer les rapports entre les premiers et les seconds, deux paradigmes d'un même lien de dépendance. Le propriétaire africain ne se comporte pas en effet uniquement en homme d'affaire encaissant le revenu de ses loyers. Il se comporte en chef de cour, ayant un rôle à jouer auprès des locataires aux niveaux social, économique et juridique. Son autorité est reconnue et acceptée comme l'est celle du chef de famille. Ce statut lui est conféré du fait même qu'il est propriétaire: l'aisance matérielle lui garantit un ascendant sur ses

¹ IDET-CEGOS, janv.-févr. 84

² DURAND O., SAGOT E., SALEM M., VINCENT M. Etude pour un programme de développement intégré de la ville de Tidjikja, Rapport Provisoire de mission, Ingénieurs Sans Frontières-Groupe Paris I, ENPC, juillet 1990, pages 54 à 81

locataires indépendamment des autres critères exigés dans la société africaine et une haute considération de leur part. En retour, ces derniers peuvent bénéficier de tous les avantages que l'on est en droit d'attendre d'un supérieur: le propriétaire n'hésitera pas à reporter ou même à annuler le loyer d'un locataire si celui-ci doit faire face à une situation difficile, à héberger gratuitement ses parents s'ils sont de passage, etc. Même si l'attitude apparemment la plus fréquente consiste désormais à vendre l'eau au locataire, voire à lui demander de s'engager à ne pas aller s'approvisionner ailleurs¹, auprès d'un voisin qui pratiquerait des tarifs moins élevés par exemple, le don de l'eau procède d'une fonction semblable. Par la dette de reconnaissance qu'il crée, il participe à entretenir les structures sociales hiérarchisées de la société africaine et les rapports de dépendance et d'entraide qui lui permettent de subsister.

6. Conclusion

Nous avons montré que les activités de redistribution de l'eau s'intègrent dans un système plus vaste de l'économie urbaine dont la fonction dominante est ***l'équilibre de la pénurie*** caractéristique de ce système et ***l'adaptation aux aléas*** qui en cimentent la cohérence. Elles se caractérisent avant tout par leur souplesse d'adaptation à une demande variée en même temps qu'à une conjoncture difficile.

Au sein du circuit de distribution d'eau potable, la revente remplit cette fonction régulatrice. Elle permet d'adapter le service à toutes sortes d'aléas et d'incertitudes.

Aléas économiques tout d'abord puisque, grâce à la revente au détail, de nombreux ménages peuvent disposer d'une quantité d'eau potable minimale en fractionnant leurs dépenses à la mesure de leurs revenus quotidiens et irréguliers.

Aléas politiques et fonciers ensuite car la revente assure un approvisionnement en eau à tous ceux, nombreux dans les villes d'Afrique, dont l'occupation a un statut précaire (occupation irrégulière) ou bien un caractère transitoire (locataires, résidents saisonniers).

Aléas climatiques et techniques enfin: lorsqu'un point d'eau du réseau, branchement particulier ou borne-fontaine, ne fournit plus d'eau en quantité suffisante, par suite de

¹ à Kigali par exemple, où ce fait est rapporté par PESDAY, ibid, page 32

coupures accidentelles, de distribution intermittente ou de baisse de pression, la revente assure par un autre point la distribution aux usagers privés d'eau.

Le surcoût que l'achat d'eau aux opérateurs de la redistribution représente pour le consommateur apparaît dès lors comme le prix à payer pour se garantir au mieux contre ces aléas. Concomitant au développement des villes, la généralisation d'une économie monétarisée ne permet plus aux contraintes sociales ou religieuses de partage de l'eau d'assurer seules les besoins des pauvres. La cohérence d'ensemble du système économique dont relèvent ces activités, entreprises par des pauvres pour des pauvres, justifie assez la nécessité de leur existence. Il n'en demeure pas moins nécessaire de poser le problème de sa régulation, puisque l'on a dénoncé souvent à juste titre les tarifs abusifs pratiqués par certains revendeurs ainsi que les conditions d'hygiène dans lesquelles ont lieu les opérations de stockage et de transport de l'eau revendue.

chapitre VI. INTÉGRATION ET RÉGULATION DES SYSTÈMES REDISTRIBUTIFS

INTRODUCTION

Pour différentes raisons, l'Etat peut vouloir intervenir sur le marché privé de la revente de l'eau. Les limites et les inconvénients liés au fonctionnement totalement privé et informel d'un secteur redistributif de l'eau justifient en effet une régulation d'origine publique. A l'inverse, le secteur public doit pouvoir reconnaître les potentialités d'un secteur privé de revente de l'eau et son aptitude à prendre en charge des besoins que l'Etat n'a pas les moyens de satisfaire aussi bien. Presque partout, les systèmes de bornes-fontaines publiques et gratuites ont fait la preuve de leur incapacité à fournir un service acceptable tant pour la population exclue des branchements privatifs que pour les sociétés distributrices. Si l'on accepte donc l'idée du paiement de l'eau aux bornes-fontaines, se pose le problème de la gestion de celles-ci. En théorie, plusieurs solutions sont disponibles. La solution qui est "spontanément" développée par la population dans de nombreuses villes est celle de la revente privée. Celles qui subsistent se confondent précisément avec l'essentiel des **moyens dont on peut disposer pour réguler la revente privée**, en limiter les abus et l'orienter dans le sens d'une efficacité productive optimale. Elles forment une panoplie d'instruments à l'intérieur duquel le choix n'est pas indifférent. Si ce choix peut se résumer au **mode de gestion contractuelle** proposé, **les termes mêmes des contrats ainsi que le type de borne-fontaine** qui leur est associé se révèlent tout aussi déterminants. Ces contrats, qu'ils reposent sur le principe de l'affermage, de la concession ou autre, fixent un ensemble de règles, de droits et d'obligations susceptibles d'assurer ou non le bon fonctionnement du système et la satisfaction de ses objectifs. De la conception technique des bornes-fontaines proposées dépendent aussi ses chances de succès.

Nous ne disposons que d'un nombre limité de cas réels ayant fait l'objet d'évaluations. La gestion déléguée des bornes-fontaines n'a été mise en oeuvre que dans de rares villes et assez récemment. Nous examinerons tout d'abord (A) les cas d'**affermage des bornes-fontaines à des particuliers** à travers les exemples de Kigali (Rwanda) et de Bangui (Centrafrique).

Puis nous développerons (B) celui de la **concession des bornes-fontaines aux comités de quartier** qu'illustrera le cas de Ouagadougou.

La diversité des objectifs auxquels ces quelques opérations répondent, des contextes dans lesquels elles se situent et des résultats obtenus nous permettra (C) de formuler des **recommandations quant au choix des modalités contractuelles, techniques et tarifaires de la gestion déléguée**, susceptibles d'assurer le succès des interventions du service public dans le secteur redistributif de l'eau.

A. LA GESTION DES BORNES-FONTAINES DELEGUEE A DES PARTICULIERS: les cas de Kigali et de Bangui

1. Introduction

Les capitales rwandaise et centrafricaine ont connu ces dernières années l'implantation de bornes-fontaines payantes relevant, par affermage, de la gestion déléguée.

A Kigali, le "Projet de Fontaines publiques" a vu le jour au début de la Décennie. En 1980, seulement 10% des ménages de la ville disposaient d'un branchement privatif. Les ménages non desservis, représentant une centaine de milliers de personnes, ne disposaient que d'une vingtaine de bornes-fontaines gratuites. Un taux de croissance démographique élevé (8% par an, peut-être plus) rendait illusoire la possibilité de faire face à l'ampleur des besoins présents et futurs par le seul accroissement des raccordements particuliers. Financé par le FENU¹, le projet aboutit dans le courant de l'année 1984 à la réalisation de 85 bornes-fontaines payantes.

A Bangui, la construction de six bornes-fontaines dans deux quartiers de la ville (trois dans chacun des quartiers) à la fin 86 constituait une expérience pilote destinée à évaluer les chances et conditions de réussite d'un projet plus vaste d'une centaine de bornes-fontaines payantes. Les deux quartiers, BOY-RABE et NGOUCIMENT, ont été choisis car on pouvait s'y appuyer pour sensibiliser les populations, sur les équipes d'animation urbaine de la Direction des Affaires Sociales qui y mènent des actions depuis 1985 dans le cadre d'un "Projet de Développement Communautaire en Milieu Urbain".

¹ Fonds d'Équipement des Nations-Unies

Les bornes-fontaines choisies pour les opérations de Bangui et de Kigali sont très proches dans leur *conception technique*. Il s'agit de bornes-fontaines de type "kiosque", consistant en de petits bâtiments de dimensions modestes (2,9m x 3,2m à Kigali; 1,6m x 2,6m à Bangui; et 2,6m de hauteur), aux murs en briques cuites à Kigali et en aggloméré-ciment à Bangui, avec une toiture en tôle et un soubassement cimenté. La distribution d'eau est prévue par quatre vannes placées à l'intérieur du kiosque à Kigali et trois à Bangui. Leur plan-type est représenté sur les pages suivantes¹.

2. Principes d'organisation et de gestion

Les principes d'organisation et de gestion en sont les suivants:

a) ***pleine propriété de la société de distribution***² sur les kiosques et leurs équipements (plus 1 are de terrain englobant le kiosque à Kigali);

b) ***principe de l'affermage*** à des gérants individuels, choisis par la société distributrice parmi les candidats qui doivent:

- verser une caution (15 000 Frs RW à Kigali, 38 000 Frs CFA à Bangui);

- habiter le quartier où se trouve la borne-fontaine (à Bangui seulement);

- obtenir l'avis favorable du Chef de quartier concerné (Bangui), ou l'avis favorable de la Commune après "vérification de l'honnêteté du candidat" (Kigali).

c) ***signature d'un contrat direct de gestion*** des bornes-fontaines entre la société distributrice et le fermier

¹ voir figures VI.1 et VI.2

² à Bangui, l'Etablissement Public responsable est la "Société Nationale des Eaux" (SNE); à Kigali, la société nationale de distribution est "ELECTROGAZ", Etablissement Public chargé de la production, du transport et de la distribution des eaux, de l'électricité et du gaz, créé par décret-loi du 20 avril 1976 et placé sous la tutelle du Ministère des Travaux Publics et de l'Energie; cet établissement a succédé à la REGIDESO

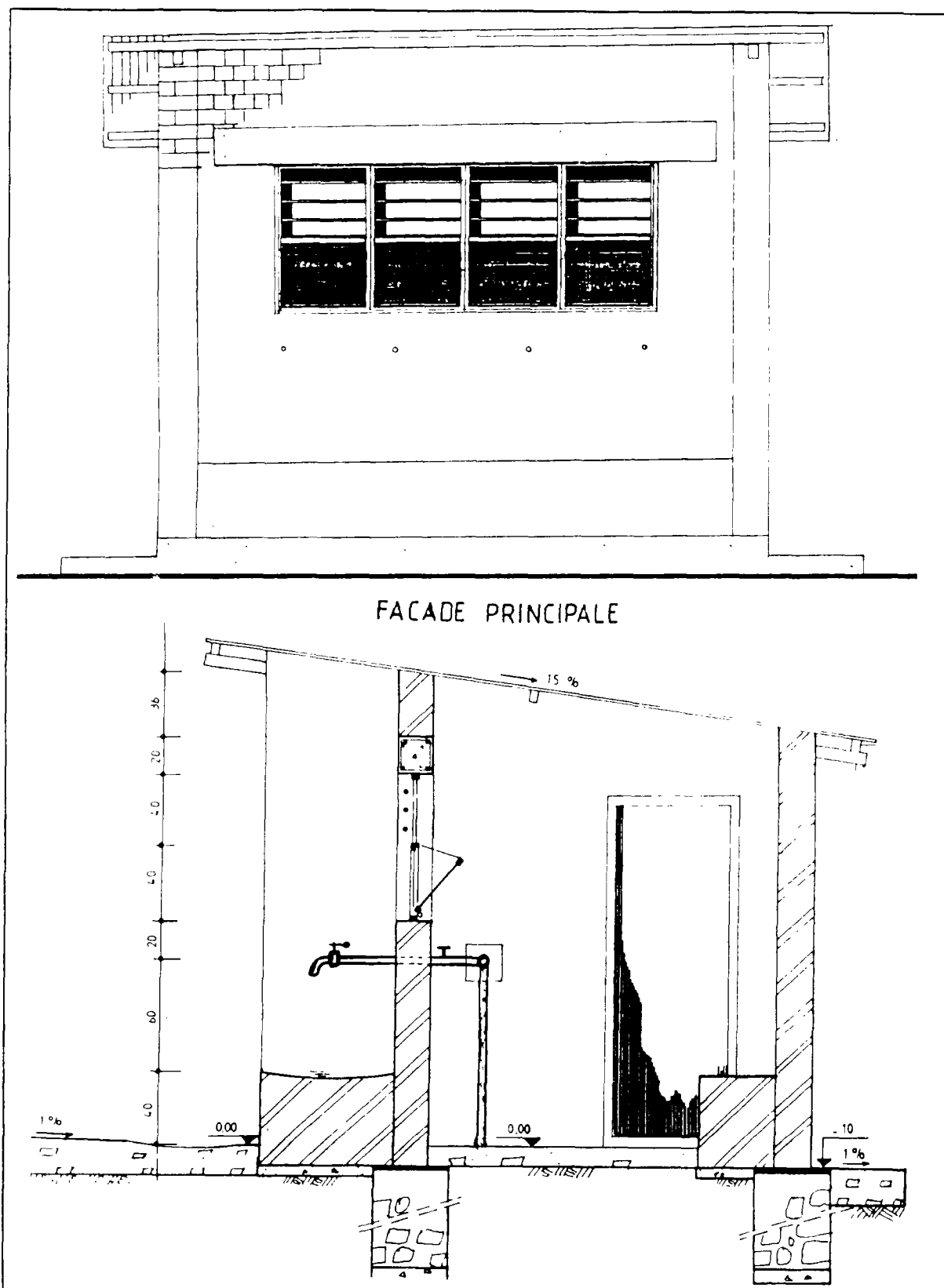


figure VI.1 PLAN-TYPE DES BORNES-FONTAINES KIOSQUES À KIGALI

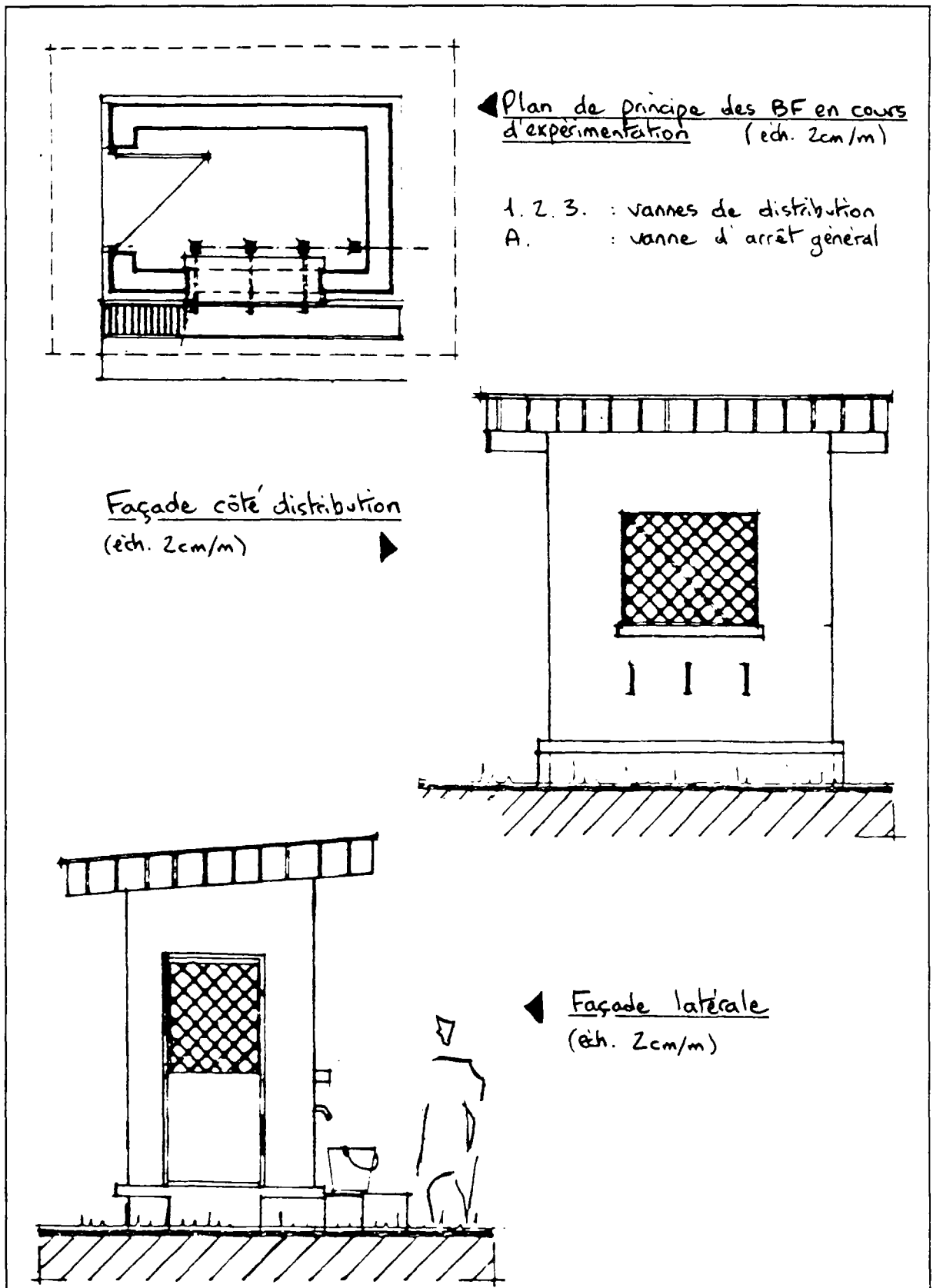


figure VI.2 PLAN-TYPE DES BORNES-FONTAINES KIOSQUES A BANGUI

(appelé couramment -à tort- "concessionnaire"), avec des droits et des obligations (voir ci-après);

d) **droit d'usage du kiosque par le fermier:**

- la vente d'eau au kiosque s'effectue au prix imposé de 2 Frs RW le jerrycan (le récipient le plus utilisé) à Kigali et de 5 Frs CFA les 20 litres à Banqui, soit environ 80 Frs RW par m³ et 250 Frs CFA/m³ respectivement¹;

- droit d'y exercer des activités commerciales ou artisanales. A Kigali, ce droit s'accompagne en outre d'une exemption des taxes ou patentes, avec l'accord explicite du Ministère de l'Economie et du Commerce, de façon à compenser les faibles revenus prévisionnels sur la vente d'eau.

e) **obligations et charges du fermier:**

- assurer l'entretien du kiosque et de ses abords;

- paiement de l'eau à la société distributrice au prix de 60 Frs RW/m³ à Kigali² et de 104 Frs CFA/m³ à Banqui³, le non-paiement étant un motif de résiliation immédiate du contrat;

- paiement, à Banqui seulement, d'une location du kiosque de 15 000 Frs CFA par mois, effectivement payée à BOY-RABE, mais suspendue à NGOUICIMENT en raison du faible niveau des ventes.

f) **maintenance et réparations** assurées par la société distributrice, avec paiement, à Banqui seulement, des pièces fournies .

¹ incluant un taux de pertes estimé à 12%

² au tarif de la tranche intermédiaire de consommation des abonnés privés, qui en comporte 3: 40 Frs RW/m³ jusqu'à 25 m³, 60 Frs RW de 26 à 60 m³, et 80 FRs RW/m³ au-delà.

³ tarif de la tranche la plus basse de consommation domestique

3. La situation avant le nouveau système

Dans les deux villes concernées coexistaient des modes d'approvisionnement payants et gratuits, résumés dans le tableau VI.1¹:

tableau VI.1 MODES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU À KIGALI ET À BANGUI AVANT LES BORNES-FONTAINES PAYANTES

	KIGALI (1978)	BANGUI (1984)	
	eau pour la boisson	pour la boisson	autres usages
population totale	100%	100%	100%
branchements privatifs	14,5%	17,0%	17,0%
accès indirect aux branchements des voisins	38,0%	14,0%	2,0%
puits	5,0%	41,0%	63,0%
bornes-fontaines	28,0%	20,0%	6,0%
autres modes:			
.sources	-	7,5%	5,0%
.fleuve/marigot	14,5%	0,5%	4,0%
.indéterminé	-	-	3,0%

Il apparaît une **différenciation essentielle** des contextes respectifs dans lesquels se sont inscrites ces opérations de bornes-fontaines payantes: à Kigali, un vaste système de revente de voisinage assurait la fourniture de l'eau à la majorité des ménages non raccordés, tandis qu'à Bangui dominait très nettement des modes d'approvisionnement gratuits et traditionnels (puits surtout, sources, fleuves et marigots).

Kigali est en effet localisé dans un site au relief collinaire, voire montagneux, et seules quelques rares zones sont favorables à la construction de puits privatifs.

¹ source: pour Kigali, Enquête "légère" réalisée en 78, sur 5 quartiers, localisés surtout en zone d'habitat spontané; pour Bangui, enquête IDET-CEGOS réalisée en janv-févr. 84 par sondage sur échantillon de 680 ménages représentatif de l'ensemble de la ville. Les estimations sont indicatives, car des réponses multiples étaient possibles

A Banqui, au contraire, les quartiers du sud de la ville bordent le fleuve OUBANGUI et tous leurs habitants l'utilisent; dans tous les autres quartiers, la nappe est accessible à des profondeurs variant de 5 à 20 mètres environ et les puisatiers réalisent des puits au tarif de 1500 à 2000 Frs CFA par mètre de profondeur¹.

A Banqui, la présence de nombreux puits justifie non seulement l'absence d'un secteur de revente de voisinage important (sauf en période de saison sèche dans certains quartiers), mais encore les différences de résultats obtenus sur les deux quartiers de l'expérience pilote².

Comme nous l'avons vu dans le chapitre IV, les prix de revente de l'eau étaient élevés, particulièrement en saison sèche. Bien que l'enquête de 84 tende à montrer qu'à Banqui les cas de gratuité seraient plus fréquents en saison des pluies, le paiement de l'eau devient la règle largement prédominante pendant les 4 à 5 mois de la saison sèche (de décembre à avril). Le prix le plus fréquemment cité est de 50 Frs CFA pour 15 à 20 litres d'eau (soit de 25 à 30 fois le tarif de la plus basse tranche de consommation domestique). A Kigali, l'enquête de 78 montrait que les cas de revente l'emportaient largement sans que soient exclus cependant quelques cas minoritaires de gratuité en faveur de parents ou d'amis, à des prix habituels de 2 à 5 Frs RW par jerrycan de 22 litres, voire parfois de 10 Frs RW (soit de 2 à 10 fois le tarif le plus bas de consommation).

4. L'impact des bornes-fontaines payantes

Un premier élément d'appréciation "brute" de l'impact des bornes-fontaines payantes est fourni par les relevés de consommation. Les données dont PESDAY a pu disposer lors de sa mission de l'été 87 portent sur:

- les consommations d'une soixantaine de bornes-fontaines kiosques en fonctionnement réel entre février 84 et juin 87 à Kigali;
- les consommations des 6 bornes-fontaines kiosques de l'opération-pilote de Banqui, entre décembre 86 et août 87.

¹ prix relevés en 84, pour 1 mètre de diamètre (PESDAY, ibid, p. 27)

² voir infra p. 180 et suivantes

Les fortes disparités que l'on constate entre Bangui et Kigali d'une part, entre les quartiers de chacune des villes d'autre part, doivent être mises en relation avec les autres modes d'approvisionnement concurrentiels.

A Kigali, PESDAY observe un rapport de 1 à 7,5 entre les dix bornes-fontaines aux ventes les plus importantes (moyenne: 383 m³ par borne-fontaine et par mois) et les dix aux ventes les plus faibles (moyenne: 51 m³/BF/mois).

Il opère un regroupement par quartiers en s'appuyant sur des analyses antérieures prenant en compte les critères d'ancienneté des quartiers, de densité et de type d'habitat, et présente le tableau suivant¹:

tableau VI.2 CONSOMMATIONS MOYENNES PAR BF SELON LES TYPES DE QUARTIER À KIGALI

type de quartier	nombre de BF en fonctionnement	consommation moyenne par BF et par mois
quartiers anciens et denses d'habitat économique ou spontané	26	229 m ³
quartiers relativement planifiés de lotissements	36	187 m ³
quartiers périphéri- ques, en cours ou en début d'urbanisation	9	65 m ³
ensemble KIGALI	71	189 m ³

A Bangui, les relevés de consommation relevés par PESDAY ne couvrent que huit mois, avec une sur-représentation des mois de saison sèche, pendant lesquelles on sait que les ventes d'eau sont nettement supérieures aux mois des pluies². En tenant compte de la durée des saisons et en s'appuyant sur les chiffres existants, on peut raisonnablement avancer l'estimation suivante, intégrant les variations saisonnières:

¹ PESDAY, ibid, p. 16

² En saison des pluies, les consommations chutent en moyenne d'environ 20% à Bangui (usage maximal des puits et récupération fréquente des eaux de pluie) et de 5% à Kigali (récupération des eaux de pluie surtout) par rapport aux moyennes annuelles indiquées

- pour le quartier BOY-RABE: 1 000 m³/BF/mois;
- pour le quartier NGOUCIMENT: 250 m³/BF/mois.

Les bornes-fontaines des deux villes disposant de caractéristiques techniques identiques, il est donc manifeste que **la plupart sont sous-utilisées**. Même dans le cas de BOY-RABE où les plus forts débits sont atteints avec un seul robinet en service, parfois deux, sur les trois présents.

Cette sous-utilisation est également illustrée par la persistance des modes d'approvisionnement concurrents. En analysant leur importance, on peut, à la lumière des tarifs pratiqués, fournir une première explication.

Le tableau IV.2¹ montrait la répartition des ménages de Kigali par mode d'approvisionnement en eau, deux ans après l'installation des BF kiosques. Il met en évidence, par rapport à la situation antérieure²:

- une quasi-stagnation de la proportion de ménages desservis par les bornes-fontaines, malgré l'augmentation de celles-ci;
- une nette augmentation des ménages raccordés (en fait, sur l'ensemble des quartiers et des types d'habitat, la proportion des abonnés a doublé, passant de 10 à 20%);
- un faible recul de la revente d'eau par les voisins, qui reste exceptionnellement élevée (27% des ménages en habitat moyen standing ou économique y ont recours et chaque ménage raccordé approvisionne indirectement par revente deux ménages en moyenne).

L'allongement important (12 km) du réseau de conduites que l'approvisionnement des 85 nouvelles BF a rendu nécessaire permet d'expliquer la progression remarquablement forte du taux de raccordement (+33% en 84, contre +11% par an de 80 à 83, et +15% depuis lors en 85 et 86). Bien qu'il soit délicat d'évaluer les reports qui ont eu lieu entre modes d'approvisionnement, on peut avancer le raisonnement qui suit.

On a pu constater le fait primordial suivant: **la plupart des revendeurs privés ont aligné leurs prix de revente sur celui imposé -et respecté- de l'eau aux BF kiosques**. Une proportion significative des clients des revendeurs privés a donc dû

¹ voir supra page 115

² voir tableau VI.1 page 177

rester fidèle à ceux-ci, d'autant qu'il semble¹ par ailleurs qu'il soit assez souvent demandé aux locataires de s'engager à se fournir au branchement du propriétaire. La plupart des ménages ayant abandonné l'achat de l'eau aux voisins se sont sans doute raccordés. Le nombre de raccordements privatifs étant beaucoup plus élevé que celui des nouvelles BF payantes, la proximité d'un branchement est plus grande que celle d'une borne-fontaine pour la majorité de la population; or, le transport de l'eau est rendu particulièrement difficile par le relief à fortes pentes de la plus grande partie de la ville.

Le faible recul de la revente d'eau masque donc vraisemblablement un double report massif et d'intensités comparables:

- celui d'une part des ménages ayant abandonné l'achat de l'eau aux voisins pour se raccorder eux-mêmes;
- celui d'autre part des ménages ayant abandonné les BF trop éloignées pour acheter l'eau à leur voisin nouvellement raccordé.

Il ne faut donc pas conclure que les consommations modestes enregistrées aux BF payantes constituent un échec:

. même si la proportion de ménages recourant aux BF n'a guère augmenté, ceux-ci consentent maintenant à payer l'eau naguère gratuite. Ils rémunèrent ainsi un niveau de service accru puisque la distance moyenne entre leur logement et le point d'eau a sensiblement diminué².

. la consommation spécifique des habitants sans accès direct aux branchements privatifs est passée de 10 litres/jour/hab⁻ à 15 l/j/hab⁻;

. l'allongement du réseau destiné à l'approvisionnement des nouvelles BF a permis à lui seul une forte progression du nombre des abonnés;

¹ PESDAY, ibid, p. 32

² l'enquête effectuée par ELECTROGAZ en 84 et portant sur 75 BF a évalué cette distance à 170 mètres pour les usagers des BF contre une distance moyenne de 400 mètres pour tous les usagers en 78 (rapport AIDR); réduction d'autant plus appréciable, rappelons-le, que le relief est souvent "pentu" dans les quartiers concernés.

. enfin, et surtout, l'opération a permis une réduction des tarifs les plus élevés et les plus pénalisants de la revente privée.

Pour Banqui, on ne dispose pas de base d'informations chiffrées permettant d'estimer quantitativement l'impact des BF comme à Kigali. Le rapprochement des observations rapportées par PESDAY en 87 avec les données de l'enquête IDET-CEGOS de 84 éclairent toutefois les résultats fortement différenciés sur les deux quartiers¹.

Les puits, on l'a vu, jouent à Banqui un rôle prédominant dans la desserte de la population, surtout dans les quartiers populaires. Mais il existe de fortes variations du prix de revient des puits liées à leur profondeur. Si le prix de revient moyen pour l'ensemble de la ville s'établissait en 84 aux environs de 20 200 Frs CFA par puits, il se situait aux deux extrêmes pour BOY-RABE et NGOUCIMENT: respectivement à 36 600 et 12 000 Frs CFA.

Ainsi, à NGOUCIMENT, la forte densité des puits (environ 2 ménages sur 3 possèdent un puits privatif²) pourvoit encore à la plupart des besoins en eau. Seule une partie de l'eau de boisson est donc achetée aux bornes-fontaines, lorsque l'eau des puits n'est pas "claire".

A BOY-RABE, en revanche, le nombre des puits est beaucoup plus réduit et presque tous tarissent en saison sèche. Le taux de raccordement, de plus, y est faible (16% en 84³). Il en résultait en 84 une distance moyenne élevée entre les logements et les points d'approvisionnement, nettement supérieure à la moyenne globale pour Banqui (359m contre 305m). L'enquête IDET-CEGOS soulignait d'ailleurs les temps d'attente élevés aux quelques BF gratuites et pompes manuelles qui équipaient alors le quartier, ainsi que l'accord général pour le principe du paiement de l'eau à de nouvelles BF (94%).

Dans ces conditions, il n'est donc pas surprenant que les ventes d'eau aux trois bornes-fontaines de l'opération pilote se soient aussitôt établies à des niveaux beaucoup plus élevés qu'à NGOUCIMENT ou qu'à Kigali. Le choix d'un tarif de vente très inférieur à celui pratiqué par les revendeurs privés (5 Frs CFA au lieu de 50 Frs CFA le plus souvent) a certainement dû aussi détourner la plupart des clients de ces derniers, qui représentaient 11% des ménages du quartier en 84.

¹ voir supra, page 180

² Enquête de 84

³ PESDAY, ibid, p. 28

Il est instructif à cet égard d'examiner les réactions qu'a suscitées la décision "politique" de rétablir la gratuité de l'eau en février 87, prise par le Secrétariat d'Etat à l'Hydraulique six mois après le démarrage de l'expérience pilote, au vu semble-t-il de "rapports exagérément amplifiés (...) d'un incident mineur et localisé"¹.

On a pu observer alors une nette aggravation des conditions de fonctionnement, dénoncées immédiatement par les responsables d'associations locales et les Chefs de quartier. La lettre de pétition adressée par l'un de ces derniers et reproduite ci-après est édifiante. De même que les interventions consignées dans le compte-rendu d'une réunion tenue à la Mairie de Bangui², elle met en avant la dégradation du niveau de service entraînée par la gratuité: moins d'heures d'ouverture par les employés de la S.N.E. que par les fontainiers, temps d'attente plus élevés, gaspillage d'eau, bousculades (et quelques coups), etc.

Devant cette mobilisation, la reprise du nouveau système est intervenue dès le début de mars 87, un mois après son interruption.

L'expérience-pilote de Bangui semble donc avoir amélioré sensiblement la situation de la desserte des deux quartiers concernés, même si les puits continuent à jouer un rôle essentiel et complémentaire pour l'approvisionnement en eau.

A titre indicatif et en l'absence d'autres données, PESDAY esquisse une estimation quantitative en retenant une consommation d'eau par tête et par jour semblable à celle de Kigali, ce que les informations partielles de l'étude IDET-CEGOS rendent vraisemblable³.

¹ PESDAY, ibid, p. 28

² voir Annexe VI.1

³ consommation d'eau moyenne: 111 litres/ménage/jour, soit 20,8 litres/hab^c/jour (pour une taille moyenne des ménages de 5,33 personnes), mais avec cumul possible de plusieurs modes d'approvisionnement pour un même ménage, avec une forte prédominance de l'approvisionnement aux puits.

Nous soussignés habitants du groupement Mustapha étions satisfaits de l'approvisionnement en eau potable par kiosque - Borne-fontaine payant et regrettons que cette solution ait été annulée.

Dans le souci de l'entretien et du maintien des installations, nous voulons bien :

1° - donner la modique somme de cinq francs pour vingt litres d'eau potable.

2° - éviter le désordre, la bousculade et les disputes où la priorité appartient aux plus forts.

3° - Éviter la spéculation de certains particuliers chez qui les plus faibles (enfants, vieillards, femmes enceintes) viennent prendre de l'eau à plus de 50 F les 20 litres.

4° - Éviter la souillure d'eau et le gaspillage dus à l'idée de la gratuité.

En voulant notre responsabilisation dans la gestion d'eau, nous demandons le maintien du statu quo.

Vu et transmis à
toutes fins utiles pour les
460 habitants ayant signé
le cahier de la pétition
Baïgou le 17.03.87
Moussa
C10 ABORAMA

Sur la base des estimations des ventes annuelles par BF intégrant les variations saisonnières¹, PESDAY dresse donc le tableau suivant²:

tableau VI.3 ESTIMATION DES POPULATIONS DESSERVIES PAR LES BF PAYANTES À BANGUI

	BOY-RABE	NGOUCIMENT
1^{re} hypothèse de consommation/tête		
.consommation moyenne	15 l/j/hab ^c	15 l/j/hab ^c
.population desservie (% population tot.)	2 200 hab ^{cs} (9%)	550 hab ^{cs} (5%)
2^{ème} hypothèse de consommation/tête		
.consommation moyenne	20 l/j/hab ^c (a)	10 l/j/hab ^c (b)
.population desservie (% population tot.)	1 650 hab ^{cs} (6%)	820 hab ^{cs} (8%)
(a) hypothèse <u>forte</u> tenant compte de l'approvisionnement auprès des BF en <u>eau pour tous usages</u> , la plus probable;		
(b) hypothèse <u>faible</u> tenant compte de l'approvisionnement auprès des BF en <u>eau pour boisson seulement</u> , la plus probable.		

La sous-utilisation des bornes-fontaines payantes ne remet donc pas en cause le bien-fondé du principe de l'opération, sinon peut-être dans les quartiers périphériques de Kigali, en cours d'urbanisation et encore trop faiblement densifiés pour assurer une clientèle suffisante³. Elle apparaît plutôt comme le résultat d'une **surestimation de leur capacité à se substituer aux modes d'approvisionnement prédominants**: les puits à Bangui et la revente privée de voisinage à Kigali. A

¹ voir supra, page 180

² PESDAY, ibid, p. 25

³ ces quartiers concentrent d'ailleurs 8 des 13 bornes-fontaines qui n'ont pas (ou très peu) fonctionné au cours de l'année précédant la mission d'évaluation de la CCCE, dont les 5 n'ayant jamais fonctionné depuis 84. PESDAY ajoute avec raison que "l'intention, a priori justifiée, de faciliter l'urbanisation a conduit ici à des anticipations excessives et à des constructions prématurées de bornes-fontaines".

leur tour, ces modes s'affirment davantage **complémentaires** que concurrentiels par rapport aux bornes-fontaines payantes.

Mais l'explication complète de cette sous-utilisation impose un détour par l'analyse des revenus des fontainiers ainsi que par l'examen des modes de gestion qu'ils pratiquent.

5. Pratiques de gestion et revenus des fontainiers

a. Les caractéristiques socio-économiques des fontainiers

A Kigali, les données disponibles concernent la profession principale des fontainiers, avec deux bases successives: l'enquête ELECTROGAZ d'août 84 et l'enquête de PESLAY en août 87 (voir tableau VI.4 ci-dessous).

tableau VI.4 PROFESSION PRINCIPALE DES FONTAINIERS DE KIGALI EN 84 ET EN 87

	août 1984		août 1987	
	effectifs	%	effectifs	%
Agents de l'Etat (dont Agents d'ELECTROGAZ)	31 (?)	44% (?)	31 (14)	45% (20%)
Salariés du secteur privé	7	10%	13	19%
Commerçants + artisans	11	16%	16	23%
Agriculteurs	6	8%	2	3%
Secteur informel	8	11%	2	3%
Autres	8	11%	5	7%
Total	71	100%	69	100%

A Banqui, les professions représentées en 87 sur les six cas de l'expérience pilote sont les suivantes:

- pour le quartier BOY-RABE:

deux fonctionnaires: un professeur de lycée, par ailleurs Président du Comité de Développement du quartier, et un

ingénieur statisticien; ainsi qu'un étudiant à l'Université de Bangui¹;

- pour le quartier NGOUCIMENT:

le Chef de quartier, par ailleurs commerçant, une fonctionnaire des Affaires Sociales, et un étudiant de l'Université de Bangui.

Globalement, on remarque donc que **le groupe des Agents de l'Etat est de loin le plus représenté**, tant à Bangui qu'à Kigali, et que la plupart des fontainiers -tous à Bangui- exercent une activité principale autre, les occupant à temps plein ou la plus grande partie de leur temps "actif". PESDAY n'a identifié que 10% des fontainiers de Kigali s'occupant eux-mêmes à plein temps de la gestion de leur borne-fontaine.

Un suivi et une participation à temps partiel restent bien entendu possibles pour les autres, à des degrés divers. Mais la contrainte d'ouverture des bornes tous les jours et du matin au soir oblige le fermier à faire travailler quelqu'un à la borne.

La formule dominante est donc celle de la gestion indirecte, selon des modalités que nous allons à présent examiner.

b. Modalités de la gestion indirecte

La formule de gestion indirecte prédomine ainsi dans les deux villes et comporte diverses modalités, les différences principales étant liées à l'emploi:

-soit de parents, toujours proches dans les cas observés par PESDAY: "jeunes frères surtout, puis épouses et autres parents, parfois les enfants directs même jeunes (mais alors occasionnellement, pendant les vacances scolaires); en ces cas, il n'existe pas de rémunération fixe mais des cadeaux divers et variables, et le fontainier participe souvent, à temps partiel, au travail de la BF, en appui le soir ou bien en relai les jours de repos; la gestion de la BF donne alors naissance à une sorte de "groupement familial de production", dont le chef et responsable reste le fontainier";

¹ les étudiants de l'enseignement supérieur perçoivent une bourse mensuelle de l'ordre de 30 000 Frs CFA (87), ce qui les place au niveau de salariés moyens dans le contexte de Bangui

- **soit de salariés permanents**, "toujours connus cependant par ailleurs (même origine, voisins, etc.), car une certaine confiance est nécessaire (maniement d'argent); en ces cas existent des salaires à peu près fixes, bien que les contrats soient le plus souvent informels et les salaires inférieurs aux normes légales; il existe parfois un aide occasionnel venant en appui ou en relais de l'employé permanent une ou deux fois par semaine; il peut arriver aussi que le fontainier vienne travailler lui-même en appui ou en relais; il reste responsable de la gestion, bien entendu, mais on peut dire que l'on arrive ici à une forme de "faire-valoir indirect" ".

A titre de variantes selon les villes, PESDAY note que:

- à Kigali, "les deux formules coexistent avec, semble-t-il, une prédominance nette de l'emploi de parents; les informations partielles recueillies sur ce point en août 87 tendent à confirmer l'évolution signalée dans le rapport de l'AIDR (juillet 85) d'une diminution de la part des salariés au profit des membres de la famille, observée déjà entre 84 et 85; la raison, toujours valable en 87, est la faiblesse des revenus fournis par les ventes d'eau, ne permettant pas de payer un salaire fixe (même bas)";

- à Banqui, où les revenus des ventes d'eau sont plus élevés², tous les fontainiers font appel à des employés permanents et salariés, mais qui sont en même temps des jeunes parents, dans 2 des 6 cas actuels.

c. Le suivi des comptes

Les seuls documents de gestion au niveau des fontainiers, à Kigali comme à Banqui, sont des cahiers où est marquée, à la fin de chaque journée, la somme totale résultant des ventes d'eau; celle-ci est récupérée chaque soir en règle générale (parfois tous les 2 ou 3 jours à Kigali) par les fontainiers, auprès du parent ou du salarié présent le jour correspondant. Dans un seul cas, constaté par PESDAY à Banqui, est tenu un début de comptabilité, incluant les sommes d'argent quotidiennes, les relevés correspondant d'index au compteur, les dépenses diverses pour l'entretien de la borne ainsi que les sommes versées à l'employé salarié. Précisons qu'il s'agit de la BF gérée par le professeur de lycée, Président du Comité de Développement.

¹ voir infra, page 190

² voir infra, page 192

Les cas de crédit consenti pour l'achat d'eau sont très rarement constatés dans les deux villes¹, et uniquement en faveur de personnes apparentées au fontainier ou bien connues. Le caractère très fractionné des achats d'eau (le plus souvent 2 ou 3 fois par jour au sein d'une même famille) facilite ici encore, comme dans la plupart des systèmes de revente de voisinage, le paiement au comptant.

L'idée d'abonnement à la BF, avec paiement à l'avance, est parfois évoquée, mais paraît difficile à contrôler et à gérer; un essai par un fontainier de Banqui a été arrêté en raison des trop grandes difficultés de vérification pour l'employé présent à la borne au moment de chaque vente. Les fontainiers préfèrent la formule de paiement au comptant qui leur simplifie les comptes.

d. Le développement des activités commerciales

Dans le cadre de l'opération pilote de Banqui, PESDAY n'a pu constater, huit mois après son lancement, que des *projets* d'activités commerciales, nettement affirmées néanmoins chez 2 des 6 fontainiers (1 dans chaque quartier).

Pour Kigali, les données du rapport AIDR de mai 85 et ses propres observations de 87 ont permis à PESDAY² d'établir le tableau VI.5 (voir page suivante).

La croissance des activités est nette. Celles-ci concernent actuellement une majorité de plus de 60% des BF en fonctionnement, contre la moitié en 85. De plus, le nombre des "grands commerces" s'est accru plus rapidement que celui des "petits".

Tous les entretiens menés par PESDAY confirment l'attrait des possibilités d'activités commerciales, accru par l'absence de taxes. Ces activités compensent en effet la faiblesse des chiffres de vente d'eau, conformément à l'objectif affirmé dès le départ à Kigali. Il n'existe pas dans ces commerces de comptabilité véritable permettant de préciser les revenus commerciaux. Selon les indications qu'il a recueillies, PESDAY les estime environ 2 à 3 fois plus élevés, en général, que les revenus des ventes d'eau, étudiées ci-dessous.

¹ PESDAY, ibid p. 46

² PESDAY, ibid, p. 49

tableau VI.5 ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS COMMERCIALES AUX BORNES-FONTAINES KIOSQUES DE KIGALI (1985-1987)

	1985		1987	
	nb de BF	(%)	nb de BF	(%)
Sans commerces	34	(50%)	28	(41%)
Avec commerces	34	(50%)	41	(59%)
dont:				
."petits commerces"(a)	17	(25%)	19	(27%)
."grands commerces"(a)	17	(25%)	22	(32%)

(a) PESDAY a classé les commerces selon les critères suivants:
 "petits"= vente d'un petit nombre de produits (3 ou 4), souvent vivriers;
 "grands"= vente de produits nombreux, alimentaires et autres, manufacturés et vivriers.

Tous les fontainiers n'ont cependant pas créé de commerces dans leur kiosque, pour des raisons diverses, notamment: cas d'accès encore trop récents aux BF, situations trop isolées, ou bien trop proches de commerces déjà en place, manque de fonds pour acheter un premier stock de produits. Mais des projets de création et d'extension existent et les activités commerciales paraissent donc encore appelées à s'accroître.

e. Revenus des fontainiers

* à Kigali

Sur la base des chiffres de vente de la dernière année complète dont PESDAY a pu disposer¹, les revenus peuvent être précisés comme suit, ramenés à une moyenne par borne-fontaine et par mois pour être comparables aux autres revenus urbains connus:

- vente moyenne/BF/mois: 189,25 m³
- recette brute: 15 140 Frs RW
 (soit 189,25 m³ x 40 jerrycans/m³ x 2 F RW/jerrycan)
- coût d'achat de l'eau à ELECTROGAZ:
 189,25 m³ x 60 Frs RW/m³ = 11 355 Frs RW
- coût de location du compteur: 83 Frs RW

¹ juillet 1986 à juin 1987

- **revenu net mensuel moyen par BF:**

15 140 - (11 355 + 83) =

3 702 Frs RW

Autour de cette moyenne globale, les principales variations sont de deux types:

- selon les quartiers, rapport de 1 à 6 entre extrêmes (de 1 100 à 7 200 Frs RW par BF et par mois);
- si l'on regroupe les 10 plus hauts revenus et les 10 plus bas, rapport de 1 à 8 entre extrêmes (de 950 à 7 600 Frs RW).

Par rapport aux revenus par types d'activités économiques, le revenu net moyen de 3 700 Frs RW environ apparaît:

- supérieur au salaire minimum légal: 2 750 Frs RW;
- correspondant au salaire moyen d'un manoeuvre (éventail de salaires allant de 2 500 à 5 250 Frs RW);
- très inférieur aux niveaux de revenus des principaux groupes socio-professionnels où se recrutent les fontainiers, c'est-à-dire:

groupes	revenus mensuel moyen par actif
salariés secteur public	13 000 Frs RW
salariés secteur privé	11 000 Frs RW
commerçants	21 000 Frs RW

On comprend dès lors que, pour les membres de ces groupes, les revenus des BF ne constituent qu'un revenu complémentaire non négligeable, mais insuffisant pour justifier l'emploi d'une deuxième personne dans le but d'accroître les ventes d'eau (en utilisant 3 ou 4 robinets).

En revanche, en atteignant des niveaux deux à trois fois supérieurs, les revenus commerciaux deviennent fortement attractifs, et l'intérêt du fontainier est de développer les activités commerciales en priorité, ce qui paraît être le cas assez souvent.

On retrouve ainsi, *in fine*, une nouvelle forme de concurrence entre activités, le fontainier (directement ou par son

¹ estimations BUNEP en 1982, mais tous salaires bloqués depuis 1980

employé) ayant plus intérêt à s'occuper de la vente des produits que de celle de l'eau.

* à Bangui

En s'appuyant sur les chiffres de vente d'eau collectées par PESDAY¹ et sur la base des prix et des charges indiquées précédemment, le tableau VI.6 présente une estimation des revenus des fontainiers de Bangui.

tableau VI.6 REVENUS PRÉVISIONNELS DES FONTAINIERS DE BANGUI

	BOY-RABE	NGOUCIMENT
Ventes moyennes/BF/mois	1 000 m ³	250 m ³
Recettes (a)	220 000 Frs CFA	55 000 Frs CFA
Charges		
Coût d'achat de l'eau (b)	104 000 Frs CFA	26 000 Frs CFA
Location du compteur	1 200 Frs CFA	1 200 Frs CFA
Entretien du branchement	300 Frs CFA	300 Frs CFA
Location de la BF	15 000 Frs CFA	(supprimée)
Sous-total des charges	120 500 Frs CFA	27 500 Frs CFA
Revenu net moyen/BF/mois	99 500 Frs CFA	27 500 Frs CFA
(a) 220 Frs CFA/m ³ compte-tenu d'un taux de perte de 12%		
(b) à la S.N.E. au tarif de 104 Frs CFA/m ³		

Ajoutons à ces chiffres que le niveau élevé des ventes d'eau nécessite l'emploi de salariés permanents (1 à temps plein, et parfois un autre en appui temporaire), dans le cadre du système existant de "faire-valoir indirect". Il en résulte des charges de main d'oeuvre, variant selon le volume des ventes, et que l'on peut estimer à partir des entretiens réalisés par PESDAY, entre 15 000 et 20 000 Frs CFA par mois (moyenne: 17 500 Frs CFA), à BOY-RABE, et autour de 8 000 Frs CFA par mois à NGOUCIMENT.

¹ voir supra, page 180

Le **revenu net moyen** final peut donc être estimé:

- à 82 000 Frs CFA/BF/mois à BOY-RABE;
- à 19 500 Frs CFA/BF/mois à NGOUCIMENT.

On peut donc remarquer que, malgré l'allègement des charges (suppression du montant de la location de la borne-fontaine pour les ventes inférieures à 500 m³ par mois), le revenu des fontainiers de NGOUCIMENT reste très fortement inférieur à ceux de BOY-RABE.

Le niveau des revenus ainsi atteint doit être apprécié en fonction:

- d'une part du niveau du *salaire minimum légal*, qui s'établit à 15 000 Frs CFA environ et que dépasse même NGOUCIMENT;
- d'autre part du *revenu médian*, qui est inférieur à 50 000 Frs CFA mensuels¹. Le revenu moyen des fontainiers de BOY-RABE se situant autour de 80 000 Frs CFA par mois est donc des plus intéressants.

6. Conclusion

La distribution d'eau assurée par les fontainiers de Bangui et de Kigali relève largement du secteur informel. On retrouve en effet plusieurs traits caractéristiques des activités de ce secteur²:

- le travail quotidien d'exploitation des bornes-fontaines est assurée de fait soit par un (ou des) parent(s) du fontainier, hors salariat, soit par un (ou des) salarié(s) sans contrat "formel" et rémunéré(s) en-deçà des normes légales;
- de même que la revente privée de voisinage, la revente aux BF affermées répond en priorité aux besoins de ménages pauvres, eux-mêmes souvent agents du secteur informel, qui ne peuvent acheter l'eau qu'au détail et au jour le jour;

¹ enquête IDET-CEGOS - 84

² voir supra, chapitre V.A, pages 146 et suivantes

- compte-tenu des consommations moyennes enregistrées aux BF-kiosques et des coûts d'investissement de ces ouvrages, les ratios de productivité demeurent (sauf à Boy-Rabé (Bangui)) ceux calculés précédemment pour les activités de revente privée¹. Comme celles-ci, la revente sous contrat d'affermage met donc en oeuvre une technologie à forte intensité en main d'oeuvre et faible intensité en capital;

- l'absence de comptabilité demeure la règle;

- enfin, les revenus nets de la revente d'eau apparaissent en général très inférieurs aux salaires moyens pratiqués par le secteur moderne, privé ou public, et du même ordre de grandeur que les revenus du secteur informel.

B. LA GESTION DES OUVRAGES DE DISTRIBUTION COLLECTIVE DELEGUEE A DES COMITES DE QUARTIER: le cas de Ouagadougou

1. Introduction

Capitale de l'un des pays les plus pauvres, ne disposant de surcroît que de ressources en eau très limitées, Ouagadougou fait pourtant depuis longtemps figure d'exemple par la façon dont la distribution collective de l'eau y est organisée. Au tournant de la Décennie, alors que la plupart des autres pays africains renonçaient peu à peu à la desserte des populations urbaines pauvres par BF municipales et gratuites sans vraiment leur substituer de solutions de rechange adaptées, la Haute Volta assurait dans ses villes principales une distribution collective par BF payantes.

Ainsi, en 1982, une grande partie de la population non raccordée de Ouagadougou se fournissait aux 84 BF gérées, non par la Municipalité comme presque partout ailleurs, mais par des personnes privées, selon ce mode de gestion déléguée que l'on expérimente à présent avec succès dans d'autres pays mais que l'on affirmait alors difficilement transposable.

Ces BF raccordées au réseau ne desservaient qu'à de rares exceptions près les zones non loties de la ville et l'eau

¹ voir supra, chapitre IV.C.1 page 137

ainsi distribuée représentait plus de 10% du volume total.

Le mode de gestion était celui de l'affermage à des particuliers selon les principes décrits dans le chapitre précédent pour l'expérience pilote de Bangui (agrément par la société distributrice, versement d'une caution, signature d'un contrat, entretien par l'Office, tarification de l'eau par l'Office au tarif le plus bas quelque soit le volume consommé, vente de l'eau à la BF à un tarif imposé par l'Office, vente assurée par 1 ou 2 employés ou parents du fontainier,...).

Le fonctionnement du système était suffisamment satisfaisant et éprouvé pour que le Schéma Directeur de Ouagadougou conçu en 1980 prévoie une desserte de 85% de la population par ce mode à l'horizon 2 000¹.

La conjonction de deux événements, l'un climatique (deux années consécutives de sécheresse grave) et l'autre politique (la Révolution du 4 août 1983), a cependant bouleversé la situation du secteur de distribution de l'eau pour conduire à celle que nous avons pu évaluer sur le terrain lors de notre mission de juillet 1986².

Le premier événement a entraîné l'exécution de 200 forages dans la capitale burkinabè pour faire face à la pénurie alarmante des ressources en eau. De cette mesure d'urgence ainsi que de divers travaux d'extension du réseau ont résulté un net accroissement du nombre de BF (130 en 86 + 15 autres depuis dans le quartier de Pissy) et l'apparition de deux nouveaux types d'ouvrage de distribution collective réparties, quoiqu'inégalement, sur l'ensemble de la ville:

- 10 "Postes d'Eau Autonomes" (ou PEA)³, implantés sur les lieux des forages les plus productifs, et consistant en une batterie de motopompes et en une installation comprenant un petit réservoir d'eau et 4 robinets de distribution (voir figure VI.3 au verso);

- 90 pompes manuelles, à l'image de celles implantées en milieu rural dans le cadre des Programmes d'Hydraulique Villageoise.

¹ Schéma Directeur de la Ville de Ouagadougou, OUAGA 2000, HASKONING Ingénieurs Conseils et Architectes, 1980

² BEDEK P., MOREL A L'HUISSIER A. L'eau pour tous dans les villes africaines: innovations à Ouagadougou, CERGRENE, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1987, 18 p.

³ auxquels 10 autres sont venus s'ajouter en 88

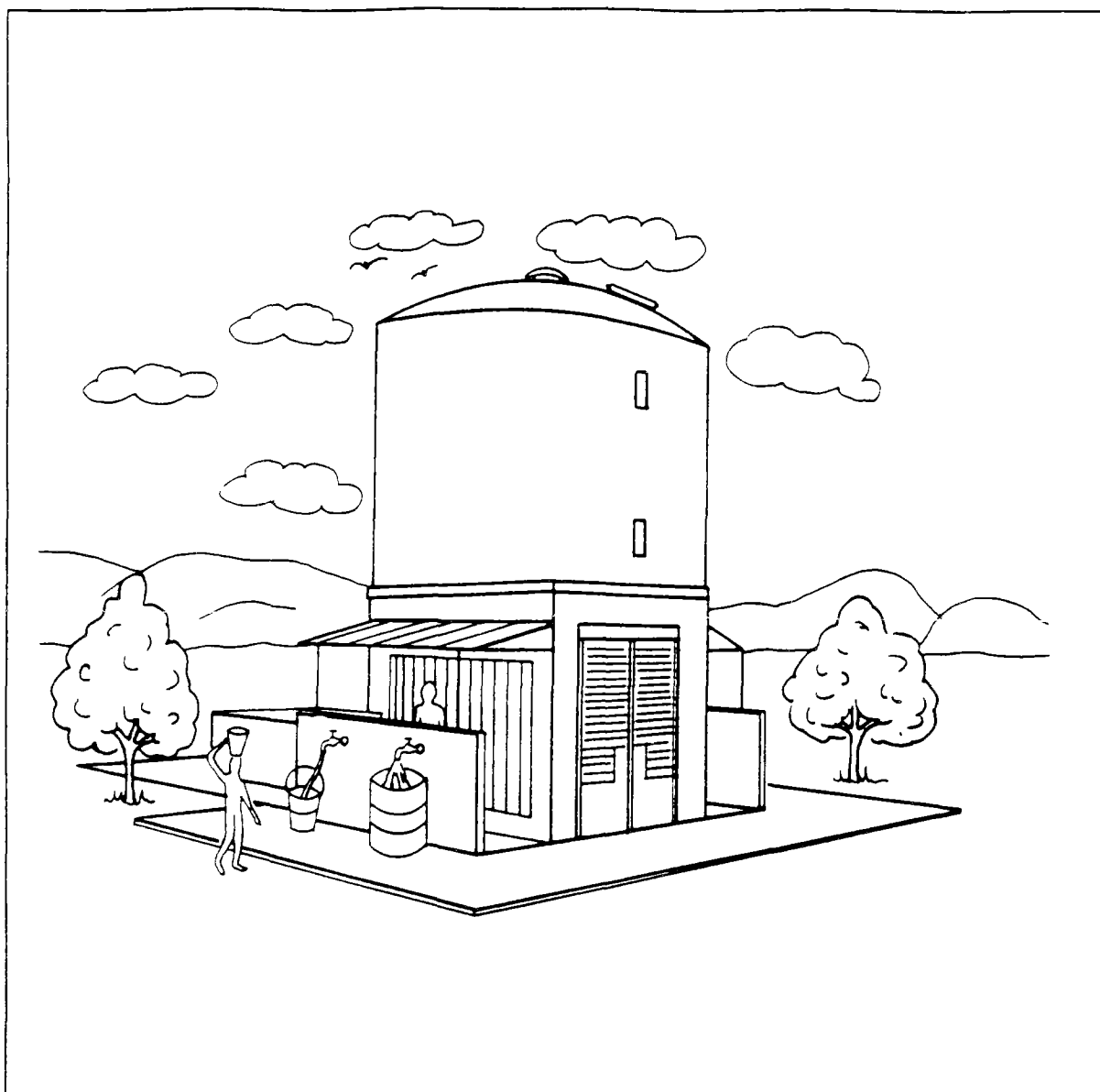


figure VI.3 POSTE D'EAU AUTONOME DE OUAGADOUGOU

Le second bouleversement est intervenu en 85, lorsque le Conseil National de la Révolution, en accord avec l'ONEA¹ et

¹ l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA), établissement public chargé de toutes les installations publiques urbaines d'AEP au Burkina Faso

l'ONPF¹, a décidé de **confier la gestion de ces points d'eau collectifs aux "Comités de Défense de la Révolution"**.

2. Principes d'organisation et de gestion

Les Comités de Défense de la Révolution sont des unités d'administration territoriale mises en place au lendemain de la Révolution de 83. Chacun des 30 secteurs couvrant la capitale comporte son CDR dont le "Délégué" est le représentant de l'administration de l'Etat et le "Bureau" est composé d'élus de la population du secteur.

Les cellules CDR de secteur ne sont pas seulement des "courroies de transmission" des décisions du pouvoir politico-administratif, mais aussi de véritables unités de gestion des quartiers. Outre certaines tâches d'administration (l'Etat Civil par exemple), de justice et de police, les CDR assurent, par leur capacité de mobilisation et d'encadrement de la population locale, la conduite de travaux collectifs d'investissements humains et financiers.

Soucieux d'offrir aux CDR une honorabilité qu'ils n'avaient peut-être pas encore aux yeux de la population, l'Etat leur confie en 85 la gestion des points d'eau collectifs et, avec elles, la double possibilité de consolider leur pouvoir territorial et de se ménager des sources de revenus pour leurs projets socio-économiques.

A partir de mai 85, les CDR signent donc les contrats de gérance des nouveaux points d'eau, bornes-fontaines, PEA et pompes manuelles.

Le modèle de ce contrat est reproduit en annexe (voir annexe VI.2).

Le Bureau CDR encaisse les recettes des ventes et paie à l'Office les factures que celui-ci lui adresse. Il organise en principe l'élection du fontainier chargé de veiller au bon fonctionnement de la distribution et de percevoir la recette. L'agrément du fontainier par l'ONEA impose en principe qu'il

¹ l'Office National des Puits et Forages (ONPF), établissement public chargé de l'exécution des programmes d'hydraulique villageoise, de l'étude et de l'exploitation des ressources en eau souterraine au Burkina Faso

soit recommandé par le Bureau CDR et reconnu par celui-ci comme un "bon militant"¹.

De même qu'à Kigali et à Bangui, le contrat de gérance prévoit:

a. **la pleine propriété de la société distributrice** sur les ouvrages et leurs équipements;

b. le versement par le gérant (le CDR) d'une **caution** de 15 000 Frs CFA, et l'obligation pour le fontainier de résider dans le secteur où l'ouvrage se trouve implanté;

c. le **droit d'usage de l'ouvrage**, c'est-à-dire de vendre l'eau à un tarif moyen imposé, différent selon le type de l'ouvrage²;

d. les **obligations et charges** suivantes pour le gérant (le CDR):

- assurer le bon fonctionnement technique des installations et la salubrité de leurs abords;

- paiement de l'eau à l'ONEA, à des tarifs différents selon le type de l'ouvrage, limités dans tous les cas au coût d'amortissement des installations et des visites techniques de maintenance incombant à l'ONEA, soit: 95 Frs CFA pour les BF, 47 Frs CFA pour les PEA, 0 Frs pour les pompes manuelles;

- paiement des fournitures nécessaires aux petites réparations (pièces de rechange, robinets, etc.), des frais de location et d'entretien des compteurs d'eau, ainsi que le règlement des frais de consommation énergétique des pompes (pour les PEA).

e. la **maintenance** par l'ONEA, qui assure:

- la visite hebdomadaire du PEA dans le cadre d'un entretien préventif;

- les grosses réparations telles que les interventions sur les compteurs, conduites, châteaux d'eau;

¹ BEDEK P. Le service urbain de l'eau à Ouagadougou- Approche économique et territoriale, DEA Aménagement et Politiques Urbaines, Institut d'Urbanisme de Paris, 1987, p. 44

² voir tableau VI.9, infra page 202

- la fourniture de la main d'oeuvre pour les petites réparations.

Les fontainiers choisis par les CDR sont rémunérés par ceux-ci suivant des modalités diverses selon les cas, soit en pourcentage des recettes (25 à 40%), soit parfois par un salaire fixe (5 000 à 15 000 Frs CFA), soit encore selon une combinaison de ces deux formules.

Les anciennes BF demeurent cependant encore souvent concédées au privé, "dans les quartiers où l'installation ancienne des bornes-fontaines a généré une tradition dont sont détenteurs les "kôm naba" (chefs de l'eau)"¹.

3. Pratiques de la distribution et impact sur l'approvisionnement

La distribution d'eau s'effectue tous les jours de 6h à 21h, et parfois plus tard en saison sèche.

Les consommations annuelles enregistrées en 85-86 aux différents ouvrages de distribution collective ainsi qu'aux branchements particuliers figurent dans le tableau VI.7 (voir page suivante²).

Une différenciation nette apparaît entre les zones desservies par le réseau, correspondant à la ville anciennement lotie (35% de l'aire urbaine³) et regroupant la moitié de la population urbaine, et les zones non desservies d'autre part, confondues pour l'essentiel avec les quartiers d'habitat spontané, en voie de restructuration progressive depuis 1984.

Dans ces dernières, les bornes-fontaines et PEA affichent une consommation spécifique beaucoup plus élevée que celle des quartiers desservis (sensiblement double). Remarquons qu'avec 1 338 et 1 666 m³ respectivement, elles se situent même très au-delà de celles relevées aux BF kiosques de BOY-RABE (Bangui)⁴.

¹ JAGLIN, KOANDA, ibid, p. 407

² BEDEK, MOREL A L'HUISSIER, ibid, p. 6

³ LAHMEYER INTERNATIONAL Approvisionnement en eau de la Ville de Ouagadougou: étude de fiabilité, Lahmeyer International/ Ministère de l'Eau/ ONEA, Ouagadougou, 1986, pag. multi., 5 vol.

⁴ voir supra page 180

tableau VI.7 CONSOMMATIONS TOTALES ET MOYENNES AUX BRANCHEMENTS COLLECTIFS ET PARTICULIERS À OUAGADOUGOU (1985/1986)

	BP	BF	PEA	PM	total
zone desservie					
consommation totale (10 ³ m ³ /an)	3 500	866	-	10	4 376
nombre d'unités	13 000	113	-	10	-
consommation unitaire (m ³ /mois/ouvrage)	22,4	638	-	83	54 l/j/hab (a)
zone non desservie					
consommation totale (10 ³ m ³ /an)	-	273	200	190	663
nombre d'unités	-	17	10	80	-
consommation unitaire (m ³ /mois/ouvrage)	-	1 338	1 666	198	8 l/j/hab (a)
Ouagadougou entier					
consommation totale (10 ³ m ³ /an)	3 500	1 139	200	200	5 039
nombre d'unités	13 000	130	10	90	-
consommation unitaire (m ³ /mois/ouvrage)	22,4	730	1 666	185	40 l/j/hab (a)

(a) consommation spécifique par jour et par habitant pour la zone considérée

BF: bornes-fontaines; **BP:** branchements particuliers; **PEA:** Postes d'Eau Autonomes; **PM:** pompes manuelles

Les sources alternatives d'approvisionnement en eau sont en effet considérablement plus réduites et éparses.

Une enquête récente de l'ORSTOM montre que moins de 10% des ménages disposent dans ces zones d'un branchement privatif sur l'une des quelques "antennes" du réseau¹.

¹ ORSTOM/Institut de Recherche en Sciences Sociales et Humaines Les enjeux des extensions urbaines à Ouagadougou: rapport intermédiaire, ORSTOM/Centre National de la Recherche

Les puits sont par ailleurs assez rares. LAHMAYER Int^{ai} en estimait le nombre en 1983 à 2 000 ou 3 000, mais il doit encore être minoré aujourd'hui car beaucoup se sont taris pendant les années consécutives de sécheresse et ont été convertis depuis en réceptacles à ordures ménagères ou comblés lors des opérations de lotissement.

Sur la base de la consommation spécifique des ménages s'approvisionnant aux BF ou aux PEA, évaluée par JAGLIN¹ à 12,5 litres/jour/hab^t, pour l'ensemble de la ville, et par nous-mêmes à 8 l/j/hab^t (incluant les pompes manuelles), on peut estimer dès lors à 45% environ la proportion d'habitants de ces zones non desservies recourant aux BF et PEA et à près de 40% celle recourant aux pompes manuelles.

Les consommations moyennes par borne-fontaine ou par poste d'eau autonome indiquées dans le tableau VI.7 recouvrent cependant des variations importantes d'un ouvrage à l'autre. THEVENON² relevait en effet les consommations suivantes aux 130 BF et 9 PEA (1 fermé) pour la dernière semaine d'avril 87 (mois le plus chaud, donc globalement supérieures d'environ 10% à la moyenne figurant au tableau VI.7:

tableau VI.8 CONSOMMATIONS MOYENNES ET EXTRÊMES AUX BORNES-FONTAINES ET POSTES D'EAU AUTONOMES DE OUAGADOUGOU (THÉVENON - 1987)

	consommation (m ³)		
	la plus basse	moyenne	la plus haute
BF	60	208	752
PEA	217	433	934

Les bornes-fontaines aux consommations les plus faibles (du même ordre de grandeur que celles des BF kiosques de Kigali) sont situées dans les quartiers des zones desservies par le réseau. Les consommations des PEA, tous situés en zone non desservie, présentent d'ailleurs une moins grande variance.

Scientifique et Technologique (Burkina Faso), Ouagadougou, 1986, 67 p. + annexes

¹ JAGLIN, KOANDA, ibid, p. 406

² THEVENON J.P. Management of Public Standposts in Burkina Faso, Compagnie Générale des Eaux, Paris, 1987, 10 p. + annexes; p. 7

Ces chiffres attestent donc de l'importance vitale des ouvrages de distribution gérés par les CDR pour la couverture des besoins de la moitié des Ouagavillois résidant dans les secteurs "périphériques".

Les observations effectuées sur le terrain (pendant la saison des pluies) n'ont pas permis de relever de problèmes majeurs tels que: longues files d'attente, disputes, etc., et ont au contraire confirmé une bonne organisation de la distribution aux BF et PEA. BEDEK a ainsi noté l'absence de fraudes et l'aide apportée par les fontainiers au soulèvement des récipients¹.

Deux catégories de clients se présentant généralement aux points d'eau (charretiers² et usagers individuels, surtout femmes et enfants), les gérants ont presque partout instauré des systèmes de priorité afin d'éviter les conflits entre elles: aux BF et PEA, un robinet est réservé aux seaux, un aux fûts des particuliers et deux aux revendeurs-porteurs, tandis que les pompes manuelles font alterner un fût et 12 seaux, ou 2 fûts et 24 seaux³.

4. Tarification et revenus des gérants

La vente de l'eau aux ouvrages de distribution collective s'effectue à des tarifs fixés par l'Administration et différents selon la nature du point d'eau et du récipient.

tableau VI.9 TARIFS DE REVENTE AUX POINTS D'EAU COLLECTIFS A OUAGADOUGOU (Frs CFA 1986)

	BF	Pompes manuelles	PEA
seau (20 l)	2 (a)	2 (a)	5
bassine (40 l)	5	5	10
fût (200 l)	30	30	50

(a) les pièces de 2 Frs CFA étant peu courantes, le tarif appliqué en pratique est de 5 Frs CFA pour 2 seaux.

¹ BEDEK, ibid, p. 45

² voir chapitre IV, supra, pages 115 et suivantes

³ JAGLIN, KOANDA, ibid, p. 410

Si ces tarifs sont généralement respectés par les fontainiers des ouvrages gérés par les CDR, certains abus ont en revanche été constatés de la part des gérants privés (alignement des tarifs d'une BF sur ceux d'un PEA situé à proximité, par exemple).

A partir des données précédentes, il est possible d'évaluer les bénéfices moyens des gérants (CDR). Le tableau VI.10 en présente le calcul et l'estimation pour les bornes-fontaines, le tableau VI.11 pour les pompes manuelles et le tableau VI.12 pour les postes d'eau autonomes (PEA).

tableau VI.10 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX BORNES-FONTAINES DE OUAGADOUGOU (1986)

	unités	basse	hypothèses moyenne	haute
production moyenne	m ³ /mois	235	800	2 900
recette	146 F.CFA(a)	34 310	116 800	423 400
coût d'achat à l'ONEA	95Frs/m ³	22 325	76 000	275 500
coût de maintenance	2%	445	1 520	5 510
revenus mensuels	Frs CFA/mois	11 540	39 280	142 390
frais de personnel	14F.CFA/m ³ (b)	5 000	11 200	15 000
bénéfice net des CDR	F.CFA/mois	6 500	28 000	127 500

(a) calculé sur la base de 85% d'eau vendue par fûts et 15% par seaux ou bassines

(b) soit 30% environ du bénéfice/m³ si cette rémunération est comprise entre le salaire minimal (5 000 Frs CFA) et le salaire maximal (15 000 Frs CFA) constatés; sinon, l'une de ces deux valeurs; 1 fontainier

Seuls trois secteurs sur les 30 que compte Ouagadougou disposent de moins de 5 points d'eau collectifs sur leur territoire et d'aucun Poste d'Eau Autonome. La plupart des CDR trouvent donc une source de revenus très appréciables dans l'exploitation de ces ouvrages, tout particulièrement ceux auxquels sont affermés des PEA. Puisque les secteurs ne comportant que peu d'ouvrages de distribution collective appartiennent aux zones non desservies, les ventes y sont importantes. Ceci contribue donc à une certaine homogénéisation des revenus de l'eau pour les CDR.

tableau VI.11 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX POMPES MANUELLES A OUAGADOUGOU (1986)

	unités	hypothèses (c)	
		basse	haute
production moyenne	m ³ /mois	83	200
recette	125 F.CFA	10 375	25 000
coût d'achat à l'ONEA	nul	-	-
coût de maintenance	(a)	4 200	4 200
revenus mensuels	Frs CFA/mois	6 175	20 800
frais de personnel (b)	Frs CFA/mois	5 000	7 500
bénéfice net des CDR	F.CFA/mois	négligeable	13 300

(a) estimé à 50 000 Frs CFA par an;

(b) 1 fontainier aux pompes manuelles;

(c) en l'absence de compteurs, nous avons utilisé les chiffres du tableau VI.7 correspondant: à la consommation moyenne par pompe des zones desservies (hyp. basse) et des zones non desservies (hyp. haute)

tableau VI.12 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX POSTES D'EAU AUTONOMES DE OUAGADOUGOU (1986)

	unités	basse	hypothèses	
			moyenne	haute
production moyenne	m ³ /mois	840	1 670	3 600
recette	250 F.CFA (a)	210 000	417 500	900 000
coût d'achat à l'ONEA	51Frs/m ³	42 840	85 170	183 600
coût de maintenance	2%	860	1 700	3 670
coût d'énergie électr.	110 Frs/m ³	92 400	183 700	396 000
revenus mensuels	Frs CFA/mois	73 900	146 950	316 750
frais de personnel (a)	15 000F/mois	30 000	60 000	60 000
bénéfice net des CDR	F.CFA/mois	43 900	87 000	256 700

(a) sur la base de 2 fontainiers si la consommation est inférieure à 1 500 m³, 4 fontainiers au-delà

Sur la base des évaluations moyennes des tableaux précédents, **le revenu net global de l'ensemble des gérants d'ouvrages de distribution collective se monte à environ 5,4 millions de Frs CFA mensuels en 86, et à 7 millions de Frs CFA en 88** compte-tenu de l'augmentation de BF et des PEA.

Les BF, les PEA et les pompes manuelles participent au revenu net global à concurrence de 67%, 16% et 17% respectivement.

Ils fournissent en outre 250 emplois de fontainiers environ en 86 et plus de 300 en 88.

L'enjeu économique et financier de la délégation de la gestion des ouvrages de distribution collective est donc important à l'échelle de la ville. Les CDR se sont d'ores et déjà appropriés une partie significative de ce revenu puisque la gestion de la totalité des 20 PEA et des 71 BF implantées depuis 85 leur était acquise en 88.

L'enjeu social revêt un caractère plus fondamental encore en raison du statut des CDR.

5. Conclusions

Lors de notre mission en juillet 86, on pouvait constater que les factures étaient effectivement payées à l'ONEA et que la maintenance des ouvrages, assistée par une équipe de l'Office¹ et comportant une tournée hebdomadaire de relève et d'entretien préventif, était performante puisque l'ensemble du parc des points d'eau était opérationnel. Ce fait, remarquable en soi car contrastant fort avec la situation des autres villes africaines, mérite d'être souligné.

En fait, le mode de gestion des ouvrages de distribution collective choisi à Ouagadougou apparaît singulier et intéressant à plus d'un titre.

En étant financièrement intéressés au produit de la vente, le gérant-CDR et le fontainier doivent veiller à l'entretien des équipements. A cet argument, valable aussi pour les concessionnaires ou fermiers privés, il s'ajoute pour les CDR la responsabilité que leur confère leur statut politique. A la fois organes locaux du parti unique et structures de représentation de la population des secteurs, ils apparaissent

¹ composée d'un caissier, chargé également de l'élaboration des factures, d'un plombier/releveur de compteurs et d'un manoeuvre

comme le lieu privilégié de convergence d'intérêts divers éventuellement contradictoires.

C. LE CHOIX DES MODALITES TECHNIQUES, CONTRACTUELLES ET TARIFAIRES

1. La conception des ouvrages et des équipements

a. importance de l'ouvrage, nombre de robinets et liens avec le mode de gestion

Les bornes-fontaines kiosques se justifient à partir d'un certain niveau de demande et lorsque le lieu d'implantation doit être un terrain du domaine public¹ et non une parcelle privative. Implantées au bord d'une voie passante ou d'un axe important, elles ménagent un abri pour les vannes et les compteurs, les protégeant pendant les heures de fermeture. En outre, elles permettent éventuellement une activité commerciale complémentaire à la vente d'eau, comme à Kigali et à Bangui.

Combien doivent-elles comporter de robinets? A priori, la réponse réside dans le niveau de la demande. Un ou deux robinets suffisent si celle-ci n'excède pas un millier de mètres cubes distribués en moyenne chaque mois, ce qui correspond à la consommation de 300 ou 400 ménages maximum. Au-delà, la borne doit avoir 3 ou 4 robinets, mais se pose alors le problème de son mode de gestion. Comme nous l'avons vu en effet², la gestion déléguée à des particuliers par concession ou affermage implique généralement une exploitation de l'activité ne mobilisant qu'une seule personne à la fois pour assurer les ventes à la borne. Compte-tenu des densités d'habitation courantes en Afrique urbaine, une clientèle potentielle suffisante pour justifier l'emploi de deux fontainiers ou plus signifie que les distances à parcourir par l'utilisateur peuvent excéder 500 mètres. A cette distance, rares sont les habitants qui ne se reporteront pas sur un autre mode d'approvisionnement. Le recours à des BF de 3 ou 4 robinets ne saurait donc concerner que des quartiers situés dans les pays les plus pauvres d'Afrique sahélienne tout

¹ ce que le niveau même de la demande justifie par ailleurs

² voir supra, page 193

particulièrement, à la fois très mal desservis par le réseau et privés de sources d'approvisionnement traditionnelles telles que puits ou marigots¹. Mais l'effort alors imposé aux usagers les plus éloignés devrait plutôt inciter les sociétés distributrices à multiplier les postes d'eau. Il ne peut donc s'agir que d'une solution transitoire, conçue pour faire face à l'urgence ou au court-terme. En outre, de tels ouvrages, coûteux, vitaux pour le quartier entier concerné et non substituables, imposent un opérateur public, collectivité locale ou comité de quartier, plutôt qu'un concessionnaire ou gérant privé².

A l'opposé, une faible demande de voisinage se satisfera en général d'une BF à robinet unique, simple variante du raccordement particulier, éventuellement aménagée pour en faciliter l'accès ou l'usage³. A ce type de borne correspond plutôt un mode de gestion déléguée par concession à un particulier qui opère sur le lieu même de son habitation. Les avantages en ont été soulignés précédemment.

b. protection et sécurité des équipements

Les risques de vol ont été confirmés par les expériences de Kigali et de Bangui, notamment en raison du développement des activités de commerce à Kigali. La présence de stocks de produits dans les kiosques a attiré des voleurs. De nombreux fontainiers avec commerce, explique PESDAY dans son rapport d'évaluation⁴, ont d'ailleurs été conduits à faire coucher quelqu'un dans le kiosque, parfois eux-mêmes, plus souvent leur jeune employé. A Bangui, où les kiosques sont encore dépourvus de commerces, les vols ont porté sur les équipements électriques, placés à l'extérieur: compteurs/disjoncteurs et tubes néon.

Les souhaits relevés par PESDAY en ce qui concerne l'amélioration de la protection contre le vol portent donc sur les points suivants:

- le renforcement de la porte;

¹ seules des villes comme Niamey ou Ouagadougou nous fournissent du reste des exemples de BF à robinets multiples effectivement utilisés. A contrario, rarement plus d'un robinet sur 3 ou 4 n'est utilisé à Bangui comme à Kigali.

² voir infra, pages 212 et suivantes

³ voir infra: c. l'aménagement des plates-formes de collecte

⁴ PESDAY, ibid

- la suppression ou la fermeture par un panneau de bois de la partie vitrée de la fenêtre de façade, aisément brisée et pouvant ainsi entraîner l'ouverture des guichets métalliques, de même que le renforcement des barreaux métalliques de protection;
- la localisation des compteurs/disjoncteurs à l'intérieur des kiosques (ainsi que les néons), limitant ainsi les risques de vol mais parfois contraires aux règles des sociétés de distribution électrique (à Bangui par exemple).

Ces mesures de protection des BF kiosques ne devraient entraîner qu'un faible surcoût (voire nul) pour les sociétés distributrices, alors que certains fontainiers parmi les plus commerçants les ont eux-mêmes mises en oeuvre à Kigali et à Bangui, consentant ainsi des frais élevés propres à décourager la plupart.

Dans les cas des BF simples à robinet unique concédées à un particulier, des vols peuvent aussi être commis en l'absence du propriétaire lorsque celui-ci a localisé son branchement à l'extérieur de sa maison ou de sa boutique. L'exemple des revendeurs privés d'Abidjan le prouve¹. Il est donc souhaitable dans ce cas de proposer aux candidats concessionnaires l'installation d'un robinet à tête amovible.

c. l'aménagement des plates-formes de collecte

Un soin tout particulier doit être apporté à la conception des plates-formes de collecte, de façon à adapter la hauteur des robinets et du socle de remplissage aux coutumes des usagers potentiels. La prise en compte de ces coutumes est en effet fondamentale pour l'adoption du système.

Le **type de récipients utilisés** et la **nature du portage** sont ici particulièrement déterminants.

Si les usagers principaux des bornes sont des femmes ou des enfants qui viennent remplir des cuvettes, des bassines ou des marmites qu'il faut ensuite remonter sur la tête, la solution la plus adaptée sera l'une ou l'autre des suivantes:

- une hauteur suffisante du marchepied sous les robinets (intégrant la grille du collecteur), d'environ 40 cm au moins (permettant un soulèvement plus aisé);
- ou bien une plate-forme basse mais un bec de remplissage (en J renversé) situé vers 1,80 m au-dessus

¹ voir chapitre IV, supra, page 107

de la plate-forme, c'est-à-dire suffisamment haut pour permettre aux clientes de remplir leur récipient tout en le gardant sur la tête.

Si les récipients utilisés sont des jerrycans, comme à Kigali où ils prédominent fortement, la hauteur séparant le marchepied du robinet doit être ajustée à celle de ces lourds récipients, c'est-à-dire à peine supérieure.

d. la robinetterie

Si la présence d'un fontainier rend superflue l'utilisation de robinets à bouton-poussoir et à débit limité, type "PRESTO", il paraît en revanche souhaitable de choisir une robinetterie fiable et résistant à un usage répété et intensif.

Nombreux sont les témoignages de la mauvaise adaptation des vannes de commande en laiton et rotatives, vite usées, dont le pas de vis prend du jeu, entraînant des fuites d'eau.

Il semble préférable à cet égard de choisir un système dit "quart de tour", malgré une solidité encore incertaine. A levier démontable, ils peuvent en outre être placés à l'extérieur du kiosque sans risques, rendant inutile la présence de vannes rotatives classiques à l'intérieur. Lorsqu'elles existent, celles-ci restent d'ailleurs constamment ouvertes pendant les heures de fonctionnement de la borne.

2. La gestion des ouvrages et les règles de fonctionnement

a. la maintenance assurée par les sociétés distributrices

Quelque soit le principe retenu pour la gestion déléguée - concession ou affermage- celui du monopole des sociétés distributrices sur la maintenance des ouvrages de distribution collective ne peut guère être contestée, du fait des compétences requises.

Cependant, il apparaît souvent une demande de la part des fontainiers pour une **amélioration de l'assistance technique assurée par les sociétés distributrices**. A Ouagadougou comme à Bangui ou à Kigali, il est attendu des agents responsables de la maintenance des passages plus fréquents et/ou une plus grande rapidité d'intervention pour les réparations.

La création d'un service spécialisé pour le suivi des BF constitue une amélioration notable en soi, mais insuffisante. Des moyens de transport doivent être disponibles pour les

interventions et affectés en propre au service concerné, de même que le carburant nécessaire. Soulignons que ceci n'entraîne pas nécessairement d'importantes dépenses : de simples vélomoteurs suffisent pour la plupart des interventions. Actuellement, on constate un peu partout que les fontainiers qui veulent obtenir une réparation rapide doivent souvent payer les "frais de transport" de l'agent responsable.

Aussi semble-t-il souhaitable, pour une répartition claire des charges de chacun, de préciser dans le contrat de gestion déléguée à qui incombent les frais de déplacement pour les interventions de maintenance, de la même façon que l'on précise généralement qui paiera les pièces détachées.

Notons enfin que l'engagement de principe des sociétés distributrices de fournir les pièces détachées de rechange "au meilleur prix" et l'efficacité de fait du service de maintenance constituent des atouts solides de réussite pour une opération de gestion déléguée de bornes-fontaines.

On peut cependant, à terme et dans l'hypothèse où les BF payantes sont appelées à perdurer, se poser la question de la pertinence d'une maintenance qui serait assurée par des artisans locaux plus proches des BF (éventuellement agréés après formation adéquate).

b. les heures d'ouverture

Toutes les données disponibles concernant la répartition de la demande sur la journée vont dans le même sens¹. les heures de pointe aux BF se concentrent partout :

- le soir, à partir de 16h et jusqu'après le coucher du soleil, vers 19h30-20h; pointe correspondant à la toilette du soir et au dîner;
- et surtout tôt le matin, dès 5 ou 6h et jusque vers 9h, pointe principale correspondant à la période de la première toilette et du stockage de l'eau pour les besoins ménagers.

Le caractère de service public des bornes-fontaines se traduit dans les contrats de concession ou d'affermage par l'obligation faite aux gérants d'ouvrir tous les jours et sans interruption du matin au soir. Que les heures d'ouverture et de fermeture soient précisées importe peu dans la mesure où

¹ sur Abidjan, voir SAINT VIL, ibid; sur Ouagadougou, voir nos comptages, BEDECK, ibid; sur Kigali et Bangui, voir PESLAY, ibid, p. 39; sur Brazzaville, voir DIANZINGA, ibid

les fontainiers ont intérêt à ouvrir tôt et à fermer tard pour couvrir les pointes. A Bangui par exemple, où les horaires contractuels sont 5h-21h, les observations directes et les informations recueillies par PESDAY confirment que ces règles sont respectées par la quasi-totalité des fontainiers.

Il note cependant des cas de fermeture momentanée en milieu de journée, mais qui correspondent aux heures les plus creuses.

Il remarque surtout la tendance de nombreux fontainiers à fermer relativement tôt le soir en l'absence quasi-générale d'électricité dans les kiosques. Aussi certains recourent-ils, le soir surtout mais aussi le matin, aux lampes à pétrole.

Il apparaît donc que l'électrification des kiosques serait souhaitable et permettrait, selon les cas, de mieux assurer les pointes du soir ou du matin. Pour Bangui, un appui au démarrage avait été prévu pour électrifier les kiosques, mais les vols d'équipements placés à l'extérieur¹ ont découragé à la fois la S.N.E. et les fontainiers².

Le problème posé est celui du rapport entre les revenus supplémentaires prévisibles et le coût de l'abonnement au réseau électrique. D'après l'évaluation de PESDAY sur Kigali et Bangui, il semble n'être incitatif qu'au plus haut niveau des ventes d'eau. Sans doute n'est-ce pas un hasard si le seul cas d'abonnement électrique concerne le quartier BOY-RABE, où les ventes d'eau sont précisément les plus fortes.

PESDAY signale que des demandes fréquentes de fontainiers ont été enregistrées, tant à Kigali qu'à Bangui, pour que leur soit consenti un crédit particulier pour l'installation de l'électricité.

Dans le cas des bornes-fontaines concédées à des particuliers qui les exploitent à domicile, le problème des heures d'ouverture se pose moins encore du fait de leur disponibilité constante, à l'image des revendeurs privés de voisinage.

¹ voir supra, page 207

² PESDAY, ibid, p. 39

3. Statut de l'opérateur et niveau de décentralisation

Le développement d'un mode de gestion déléguée des BF correspond à une décentralisation d'une partie du service de distribution, par rapport à la gestion habituellement assurée directement par les sociétés distributrices ou par les Municipalités. Le choix d'un nouvel opérateur décentralisé, public ou privé, relève d'une décision politique que l'examen attentif de ses enjeux doit pouvoir guider au mieux. Ce choix nous semble devoir s'appuyer avant tout sur une évaluation de la demande.

Lorsque des BF payantes doivent venir pallier l'absence presque totale de desserte dans un quartier, périphérique par exemple, le "comité de quartier" semble être un niveau approprié de décentralisation pour la gestion de ces ouvrages.

Du fait de son statut, il apparaît d'une part plus apte à garantir l'intérêt général et la sauvegarde de la notion de *service public*. L'importance que revêt généralement le service de distribution de l'eau aux yeux de la population¹ permet au "comité de quartier" de renforcer sa légitimité et de consolider son pouvoir territorial avec la gestion de l'eau. Celle-ci ménage en outre une source de revenus non négligeables, susceptible de conférer au comité une plus grande autonomie vis-à-vis des instances centrales ou des pouvoirs publics, ainsi que de lui donner les moyens de financer ses projets socio-économiques. Les revenus de la revente de l'eau peuvent alors autoriser une réaffectation directe et immédiate des ressources locales dans l'intérêt général du quartier, et en faciliter le développement "auto-centré".

D'autre part, le "comité de quartier" est mieux placé qu'une Municipalité pour assurer le recouvrement des coûts d'exploitation du service et pour adapter au mieux celui-ci aux besoins et aux ressources locales.

A cet égard, il semble indispensable de:

- l'associer à la définition des paramètres techniques tels que conception, aménagement et emplacement des BF qu'il devra gérer;
- lui laisser toute latitude au niveau contractuel pour le choix des modalités pratiques d'exploitation de la

¹ toutes les enquêtes ont prouvé que son amélioration est presque toujours au premier rang des préoccupations des habitants lorsqu'on interroge ceux-ci sur les services urbains

borne (horaires, choix d'un fontainier-percepteur ou bien collecte d'une cotisation auprès des habitants, etc.).

Bien qu'à notre connaissance, la décision politique de transférer systématiquement la gestion des BF payantes à des comités de quartier n'ait été prise dans aucun autre pays qu'au Burkina-Faso, il faut cependant rappeler que ces instances existent peu ou prou dans la plupart des pays, africains notamment, où elles constituent en général l'échelon local de base des partis uniques.

Notons d'ailleurs qu'une demande en émane parfois spontanément. A Brazzaville par exemple, dix comités sont venus solliciter de la Société Nationale de Distribution des Eaux l'installation de BF dans leur quartier entre septembre 84 et juin 85. D'après le Directeur de l'Exploitation, qui nous rapportait les faits à cette date, il était trop tôt pour savoir si les factures seraient payées régulièrement, mais ces comités avaient mis sur pied la collecte trimestrielle¹ auprès de l'ensemble des ménages d'une cotisation répartissant entre tous le montant de la facture, et instauré un système de "tours" pour l'ouverture et la fermeture des BF, assurées chaque jour bénévolement par une personne différente.

En revanche, si un quartier ou une zone est déjà correctement desservie et que les points d'eau collectifs n'y assureront qu'une distribution d'appoint, des contrats d'affermage ou de concession peuvent être proposés aux particuliers. A condition qu'ils prévoient des dispositions incitatives, examinées plus loin², ces contrats apparaissent aptes à susciter le développement d'un système de revente de voisinage régulé. Si l'on est amené à couper l'eau au gérant pour non paiement des factures, les conséquences en sont moins graves pour la population que dans un quartier où aucun autre point d'eau potable n'est facilement accessible. Les possibilités de report favorisent ici la régulation des tarifs par alignement de ceux des éventuels revendeurs privés sur les tarifs imposés aux gérants, ainsi qu'une concurrence susceptible d'améliorer les prestations offertes.

¹ fréquence de la facturation de l'eau par la S.N.D.E.

² voir infra, page

4. Les mesures d'incitation et d'appui

Il est assez illusoire de penser que des particuliers se porteront volontaires pour gérer une borne-fontaine sous contrat si celui-ci ne leur offre pas quelques avantages par rapport à la revente privée hors contrat, couramment et impunément pratiquée.

Pourquoi, notamment, accepteraient-ils de se voir imposer un tarif de revente inférieur au prix du marché?

Le prix qui leur est consenti par la société distributrice peut certes les y inciter. Pour des raisons évidentes d'équité, ce prix devrait en effet être aligné sur le tarif social en vigueur pour les abonnés privés ou sur celui de la plus basse tranche de consommation. Sinon, et c'est ce qui se passe avec les revendeurs privés dont le volume des ventes classe ceux-ci dans une tranche plus élevée¹, les ménages trop pauvres pour être raccordés sont amenés à subventionner ceux qui bénéficient d'un branchement privatif. Notons que l'application d'un tarif "social" aux consommations des BF affermées ou concédées peut être doublement intéressant pour le revendeur: il peut non seulement escompter des bénéfices supérieurs à ceux qu'il tirerait de son activité s'il opérait à partir d'un branchement individuel conventionnel -du moins dans le cadre d'une structure tarifaire progressive-, mais aussi payer sa consommation individuelle² à moindre coût.

On est en droit d'estimer que cette subvention va à l'encontre de l'objectif d'équité tarifaire. On peut alors remédier à cette difficulté en adoptant une structure tarifaire dégressive pour la consommation des BF payantes à gestion déléguée. Une telle structure aurait en outre l'avantage d'inciter les fontainiers à développer prioritairement leur activité de revente de l'eau, surtout s'ils bénéficient d'un contrat d'affermage ou d'avantages fiscaux pour les revenus d'autres activités commerciales pratiquées à la BF.

D'autres mesures incitatives plus explicites devraient néanmoins figurer dans les contrats. Nous en avons vu quelques exemples avec les cas de Kigali et de Bangui. Il s'agit de

¹ voir supra, chapitre III.D.3 page 88

² il peut s'agir des volumes nécessaires aux besoins domestiques du fontainier si la BF est implantée sur le lieu de son habitation, mais aussi aux besoins associés à une activité commerciale autre que la vente de l'eau s'il s'agit par exemple d'une BF-kiosque implantée sur un lieu public comme à Kigali ou à Bangui

l'engagement de la société distributrice à fournir gratuitement les pièces de rechange et de la possibilité donnée au fermier de développer des activités commerciales dans le kiosque, bénéficiant éventuellement de l'exonération des taxes et patentes.

Dans le contrat de concession des bornes-fontaines mis en place par la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire¹, celle-ci s'engageait à supprimer toute revente d'eau dans un rayon de 300 mètres autour de la borne. En outre, comme il s'agissait d'une concession et non d'un affermage, la borne devait être acquise par le gérant mais on lui octroyait la possibilité d'un crédit sur 5 ans.

¹ MOREL A L'HUISSIER A., L'alimentation en eau potable des populations urbaines à faible revenu dans les PED, pages 27 à 29, reproduit en **ANNEXE IV.2**, de même que les contrats de gestion déléguée des bornes-fontaines kiosques de Kigali, de Bangui et de Ouagadougou

CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE

Il n'est que temps de reconnaître que les ménages des pays en développement ne peuvent plus être considérés seulement comme des unités de consommation mais qu'ils constituent aussi dans de nombreux segments de l'économie urbaine de réelles ou virtuelles unités de production.

Alors que dans les pays développés les décisions de production appartiennent essentiellement aux entreprises, on peut constater en Afrique une interdépendance étroite entre les décisions des ménages de consommer et de produire. Il s'y est développé une gamme étendue de micro-stratégies destinées à pallier la baisse des salaires¹ et la désorganisation économique.

Etudiée dans cette seconde partie, la participation des ménages à la distribution de l'eau participe d'une telle stratégie. De même que dans de nombreux autres secteurs de production de biens ou de services, elle doit amener les institutions responsables de ce secteur à entreprendre les études nécessaires à une meilleure connaissance de ces pratiques encore largement méconnues et à adapter leurs propres décisions de production à celles des opérateurs de la "redistribution".

Au sein du secteur informel de la redistribution de l'eau, la revente sous contrat introduit une nécessaire formalisation. Elle laisse entrevoir ce que pourrait être une distribution collective maîtrisée, s'appuyant sur une initiative privée qui contribue déjà largement à la production du service mais doit encore être régulée, contrôlée, orientée dans le sens d'une plus grande efficacité et d'une plus grande équité.

Pourvu que soient prises un certain nombre de précautions techniques et de dispositions contractuelles examinées ci-avant, les bornes-fontaines concédées ou affermées à des particuliers ou à des comités de quartier constituent sans doute la parade la plus efficace, la plus souple et la moins coûteuse à mettre en oeuvre aux tarifs souvent abusifs de la revente privée, tout en conservant les principaux atouts de cette dernière: une grande souplesse d'adaptation à la demande, un grand nombre d'emplois créés pour une immobilisation minimale de capital, ainsi que la possibilité pour l'utilisateur de payer l'eau au jour le jour.

¹ depuis le début des années 80, le revenu par tête a baissé d'au moins 20% en Afrique

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
DE LA SECONDE PARTIE

AGIER M. "Un secteur très structuré" In Capitales de la couleur, revue AUTREMENT, Paris, octobre 1984

AGNESSY D. "La femme dakaroise commerçante du détail sur le marché", in Dakar en devenir, Paris, Présence Africaine, 1968

Alimentation en eau potable d'Abidjan. Etude de viabilité.
Rapport n° 6

Alimentation en Eau Potable d'Abidjan. Annexe 2: Les besoins en eau

BALANDIER G. Sociologie des Brazzavilles Noires, A. Colin, Paris, 1955

BARRINGER H.R. "Migration and social structure", in LEE M.G., BARRINGER H.R. A city in transition, urbanization in Taegu, Korea, Hollym Corporation Publishers, Seoul, Korea, 1971

BEDEK P. Le service urbain de l'eau à Ouagadougou-approche économique et territoriale ; Institut d'Urbanisme de Paris; DEA "Aménagement et Politiques Urbaines"; CERGRENE; 1987; 82 p. + Annexes

BEDEK P, MOREL A L'HUISSIER A. L'eau pour tous dans les villes africaines: innovations à Ouagadougou; CERGRENE; Ecole Nationale des Ponts et Chaussées; 1987; 18p

BONFILS L. Rapport de Mission auprès de l'U.A.D.E., S.L.E.E./OMS, 1982, 9 pages + Annexes

BROMLEY R. "The Urban Informal Sector" In World Development, Vol. 6, n° 9-10, sept.-oct. 1978

Bureau International du Travail Employment, incomes and equality in Kenya; Genève; 1972

BUCHANAN I. Singapore in Southeast Asia; Bell and Sons; London; 1972

COING H., MONTANO I. Le service d'eau potable dans les villes du Tiers-Monde - Modes de gestion et d'organisation; Plan Urbain; Centre d'Enseignement et de Recherches Techniques et Sociétés; E.N.P.C.; Paris; 1985; 86 pages

DE SOTO H. The Other Path, New York, Harper and Row, 1989

DIANZINGA F. L'eau dans Brazzaville et les services publics de l'eau: réflexions sur l'adaptation d'une organisation technique à son environnement social, culturel et urbain; Thèse de 3ème cycle; I.U.P. Grenoble; 1984

DUPUY G. Systèmes, réseaux et territoires; Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées; Paris, 1985, 168 pages

DURAND O., SAGOT E., SALEM M., VINCENT M. Etude pour un programme de développement intégré de la ville de Tidjikja, Rapport Provisoire de mission, Ingénieurs Sans Frontières-Groupe Paris I, ENPC, juillet 1990, pages 54 à 81

ELMENDORF M., BUCKLES P. Sociocultural aspects of water supply and excreta disposal série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Volume 5, Banque Mondiale, Washington, 1980, 52 pages + annexes

GEERTZ C. Peddlers and Princes, The University of Chicago Press, 1963

GHOOPRASERT W., Communication Personnelle, Provincial Waterworks Authority, Thaïlande, 1989

HART K. "Informal Income Opportunities and Urban Employment in Ghana", In Journal of Modern African Studies; Vol. 11, no 1; 1973

HENRY A. Distribution sociale de l'eau potable (Bornes-fontaines et branchements sociaux) - Ville de Banqui (RCA), Caisse Centrale de Coopération Economique, Paris, 1986, 3 pages + 6 Annexes

HILL P. Studies in rural capitalism in West Africa, Cambridge University Press, 1970

HOPKINS A.G. An economic history of West Africa, Longman Ed., Londres, 1973

HUGON P., NHÔ LÊ A., MORICE A. La petite production marchande et l'emploi dans le secteur informel, I.E.D.E.S., Paris, 1977-1978

JAGLIN S., KOANDA S. "Gestion partagée et prix de l'eau potable à Ouagadougou" In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988, pp 404 à 412

KATZIN M.F. "Partners: an informal savings institution in Jamaica", In Social and Economic Studies, vol. 8, n°4, déc. 1959

LAHMEYER International Approvisionnement en eau de la Ville de Ouagadougou: étude de fiabilité; Ministère de l'eau; ONEA; Ouagadougou; 1986; 5 Vol.

LASSERRE G. Libreville, A. Colin, Paris, 1958

LEE M.G. Social organizations, in LEE et BARRINGER

MC GEE T.C. Hawkers in Hong-Kong, an outline of research, project and fieldwork, Centre for Asian Studies, University of Hong-Kong, 1969, p. 9

MC GEE T.C. Dualism in the Asian City: the implications for city and regional planning, Centre for Asian Studies, University of Hong-Kong, 1970

MAC GEE T.C. Policies for the Urban Informal Sector of the Less Developed Countries, The Australian National University, Cambera, 1974

MARIE A. "Marginalité et conditions sociales du prolétariat urbain en Afrique. Les approches du concept de marginalité et son évaluation critique"; In Cahiers d'Etudes Africaines; no 81-83; XXI; 1-3; 1982

MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu dans les pays en développement, Rapport Intermédiaire , Programme Interministériel REXCOOP, Secrétariat Permanent du Plan Urbain, CERGREN, ENPC, PARIS, 1986, 196 pages

MOREL A L'HUISSIER A. "Services urbains à Ouagadougou: eau, ordures ménagères et excreta"; In Aménagements en quartiers spontanés africains; ouvrage collectif sous la direction de PIERRE L.; Institut d'Urbanisme de Paris; Collection Habitat Urbain; édité par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique; Paris; 1986; pp 237-269

OKUN D.A. "The price of water in urban areas of developing countries", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 458 à 467

ORLOVE B. Kinship and economics in the favela, Thesis (B.A.), Harvard University, 1969, 94p.

ORSTOM, Institut de Recherche en Sciences Sociales et Humaines Les enjeux des extensions urbaines à Ouagadougou: rapport

intermédiaire; ORSTOM/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (Burkina Faso); Ouagadougou; 1986; 67 p. + Annexes

PESCAY M. Bornes-fontaines kiosques évaluation socio-économique. Villes de Kigali (Rwanda) et de Banqui (RCA). Caisse Centrale de Coopération Economique; 56 Pages + annexes; Paris; 1987

ROTH G. The Private Provision of Public Services in Developing Countries, EDI Series in Economic Development, publié pour la Banque Mondiale par Oxford University Press, Washington, 1987, 282 pages

SAINT-VIL J. "L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue, les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan" , In Cahiers ORSTOM, série Sci. Hum., vol. XIX, n° 4, 1983, pp 471 à 489

SANTOS M. L'espace partagé; les deux circuits de l'économie urbaine des pays sous-développés, ed. M.T. GENIN, Librairies Techniques, Paris, 1975

SAYLOR R.G. The economic system of Sierra Leone, Duke University, Durham D.C., 1967

Schéma Directeur de la Ville de Ouagadougou: OUAGA 2000; HASKONING Ingénieurs Conseils et Architectes; Direction de l'Urbanisme; Ouagadougou; 1980

SEGRS J.M. Rapport final - Projet Fontaines Publiques de Kigali, FENU - AIDR, juin-juillet 1985

SEURECA-BRGM-BCEOM Eau potable de la ville de Kigali à l'horizon 2 000 - Besoins en eau potable, Paris, mars 1987

THEVENON J.P. Management of Public Standposts in Burkina-Faso ; Compagnie Générale des Eaux; Paris, 1987, 10p. + annexes, multig.

TIDIANE LY A. L'approvisionnement en eau potable des quartiers péri-urbains de Nouakchott; Mémoire de D.E.A.; Nancy; 1983

URBANOR Schéma Directeur de Pointe Noire: Etude socio-urbaine; Mission d'Urbanisme et d'Habitat au Congo, Ministère congolais de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction; Paris; 1980

VAN DIJK P. Le secteur informel de Dakar et Le secteur informel de Ouagadougou, collection Villes et Entreprises, L'Harmattan, Paris, 1986

VENNETIER P. "Un quartier suburbain de Brazzaville, Moukondji-Ngouaka", Bulletin de l'Institut d'Etudes Centrafricaines, Brazzaville, n°19-20, 1960

VENNETIER P. "Pointe-Noire et la façade maritime du Congo-Brazzaville", In Mémoires ORSTOM, n°26, Paris, 1968

VENNETIER P. "Le développement urbain en Afrique tropicale", Cahiers d'Outre-Mer, t. XXII, n°85, pp 5-62, 1969

WHITTINGTON D., LAURIA D., OKUN D., MU X. An assessment of water vending activities in developing countries; Technical Report 45; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1988; 53p

ZAROFF B., OKUN D.A. "Water Vending in Developing Countries", In Aqua n°5, 1984, pages 289-295

TROISIEME PARTIE:

VERS UNE CONCEPTION ET UNE PLANIFICATION
APPROPRIÉES DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION

" - Bonjour, dit le petit prince.

- Bonjour, dit le marchand.

C'était un marchand de pilules perfectionnées qui apaisent la soif. On en avale une par semaine et l'on n'éprouve plus le besoin de boire.

- Pourquoi vends-tu ça? dit le petit prince.

- C'est une grosse économie de temps, dit le marchand. Les experts ont fait des calculs. On épargne cinquante-trois minutes par semaine.

- Et que fait-on de ces cinquante-trois minutes?

- On en fait ce que l'on veut...

"Moi, se dit le petit prince, si j'avais cinquante-trois minutes à dépenser, je marcherais tout doucement vers une fontaine..."

SAINT-EXUPERY - Le Petit Prince

chapitre VII. L'EVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU

INTRODUCTION

Il est désormais classique¹ de présenter la demande d'approvisionnement en eau comme caractérisée par différents critères:

- quantité d'eau mise à disposition;
- lieu d'utilisation (accessibilité);
- qualité requise pour l'utilisation;
- sécurité d'approvisionnement.

L'ensemble de ces variables a des dépendances fortes avec le temps (facteurs climatiques, fluctuations saisonnières), et avec l'évolution socio-économique.

Mais la définition de la demande relève également d'une certaine démarche de planification, de réglementation ou d'incitation, dans le cadre d'une politique plus ou moins volontariste: raccordement important des usagers au réseau, développement d'ouvrages structurants pour les activités industrielles et agricoles, etc.

Elle comporte également des contraintes financières: le choix des aménagements n'est pas fait pour réaliser un optimum économique conduisant à la satisfaction d'objectifs prédéterminés. C'est en tenant compte des contraintes existantes pesant sur la capacité d'investissement dans le secteur que les objectifs sont fixés et que les demandes sont ajustées. Il n'est donc pas possible d'étudier la demande en eau sans rappeler tout d'abord dans quel cadre elle est utilisée.

Un ajustement pertinent de la demande doit également s'efforcer de tenir compte de l'impact des facteurs suivant

¹ voir MARGAT J., ERHARD-CASSEGRAIN A. Introduction à l'Economie Générale de l'Eau, Masson, Paris, 1983
et VALIRON F. Gestion de l'Eau tome I, Presses de l'ENPC, Paris, 1986

sur les demandes potentielle et effective¹:

- le niveau et la structure des tarifs, leur évolution;
- le niveau de revenus de la population;
- son niveau de conscience de l'hygiène;
- le mesurage des quantités d'eau consommées;
- l'existence, le débit et l'accessibilité des sources d'approvisionnement concurrentielles au réseau.

La démarche adoptée dans les schémas d'aménagement des eaux met en oeuvre cette approche complexe de l'eau. Elle permet, par une hiérarchisation des problèmes, de définir finalement un bilan "besoins/ressources" fondé sur la comparaison des quantités d'eau disponibles et à fournir, en respectant les contraintes concernant les impacts (débits d'objectifs de qualité, débits réservés), la potabilité (appliquée à l'eau brute sous forme de contrainte pour la potabilisation) et la sécurité ("besoins de pointe d'occurrence donnée").

Avant d'aborder les problèmes de prévision, il convient de s'interroger sur les éléments d'information dont on dispose pour comprendre et quantifier les demandes en eau. En effet, l'analyse des demandes potentielles d'un secteur dépend, d'une façon ou d'une autre, de l'utilisation des données observées, soit antérieurement (cas d'un système de distribution déjà développé en cours de croissance), soit en d'autres lieux. Dans le premier cas, l'extrapolation est le fondement de l'analyse; dans le second cas, le raisonnement est analogique. Il s'agit en tout état de cause d'une transposition: tissus socio-culturels différents ou en mutation, situations concurrentielles des diverses sources d'approvisionnement, etc.

La demande effective, déterminée par le comportement des consommateurs, est rarement celle qui était prévue lors de l'évaluation des besoins "objectifs". Certains réseaux d'AEP se sont révélés sous-dimensionnés à l'usage, d'autres, plus nombreux, sur-dimensionnés. Dans l'ignorance des mécanismes socio-économiques déterminant la demande, les projeteurs sont en effet conduits à fonder leurs prévisions sur des hypothèses qu'il convient de discuter (A).

¹ MOREL A L'HUISSIER A., ROCHE P.A. Prospective des demandes en eau potable: état de l'art; Communication présentée au Séminaire de la Direction de l'Hydraulique, Ministère de l'Équipement du MAROC, Rabat, octobre 84, CERGRENE, 32 pages + Annexes

L'influence de divers paramètres sur la demande, tels que la population, les tarifs, la distance au lieu d'approvisionnement, les revenus, le mesurage des consommations au compteur ou les distributions intermittentes, sera ensuite (B) analysée et discutée. Puis nous aborderons enfin (C) la question des modèles de prévision de la demande.

A. UN DÉFAUT GÉNÉRAL: LA SURESTIMATION DE LA DEMANDE EN EAU POTABLE

Pour les 24 projets d'installations nouvelles ou d'extension financées et évaluées par la Commission des Communautés Européennes en 76/77¹, la demande unitaire se situait entre 40 et 80 l/jour/hab^t dans les grandes villes de plus de 100 000 habitants, et entre 10 et 20 litres/jour/hab^t dans les centres secondaires de 10 000 à 40 000 habitants. Or, les demandes prévues étaient presque toujours supérieures.

Ainsi, les hypothèses de calcul des capacités des nouvelles installations fixaient une demande moyenne de 70 litres/jour/habitant au Sénégal et de 50 litres/j/hab^t au Niger, alors qu'en réalité, elle atteignit 20 litres/j/hab^t dans les centres secondaires du Sénégal et à Tahoua (Niger), et de 10 litres/j/hab^t à Filingué (Niger). Il faut noter de plus qu'il s'agit là de moyennes incluant, outre celles des ménages, les demandes des industries, commerces et administrations.

La demande moyenne aux bornes-fontaines fut estimée pour le projet d'adduction de Dakar (projet Lac de Guiers) à 50 litres/j/hab^{t2}. Elle s'élevait en fait en 75 à 20 litres/j/hab^t environ.

Les évaluations de le C.C.E. montrent qu'au total, elle dépasse rarement les 25 litres/j/hab^t, même dans les plus grandes villes et même en fin de saison sèche, où la demande est habituellement la plus forte.

On a d'ailleurs pu noter le même phénomène en France. Dans la région de Bretagne, les utilisateurs domestiques ont été

¹ Commission des Communautés Européennes Evaluation sectorielle ex-post des Projets d'Approvisionnement en Eau en Milieu Urbain et Villageois, Bruxelles, 1978

² C.C.E. *ibid*

massivement raccordés au réseau d'A.E.P. entre 1960 et 1980 (taux passant de 50% à 96%). En 1970, on estimait à 300 litres/j/hab² la demande des populations urbaines et à 250 litres/j/hab² celle des populations rurales¹. Actuellement, ces chiffres ont été ramenés à 200 litres/j/hab².².

1. Une explication: lacunes et erreurs d'interprétation des fichiers de facturation

La demande globale d'approvisionnement résulte de l'agrégation des demandes particulières de chacun des usagers. On peut regrouper ceux-ci en un certain nombre de catégories selon la destination de l'eau demandée: l'habitat, la production industrielle, le commerce, l'agriculture, les emplois tertiaires, les espaces verts, les services hospitaliers, les établissements d'enseignement, etc. Le recours aux fichiers de facturation devrait permettre, semble-t-il, d'analyser de façon très détaillée ces consommations. De telles analyses fourniraient ensuite des moyens pour en estimer l'évolution future. Mais quel est le degré de précision à adopter dans cette démarche?

Dans une analyse détaillée, on tente d'établir des relations statistiques entre les consommations des usagers d'une même catégorie, et une famille de paramètres descriptifs des usagers: pour des consommations de logement, on s'intéresse par exemple au type de l'habitat (récent ou moderne, collectif ou individuel), au confort et aux équipements (salles d'eau, électroménager, etc.) ainsi qu'à la catégorie socio-professionnelle de l'utilisateur. Ces études présentent des difficultés majeures d'échantillonnage et de recueil des données: les demandes et l'ensemble des paramètres descriptifs évoqués ne peuvent être obtenus que de façon très ponctuelle et pour des périodes assez courtes. Le nombre des paramètres susceptibles de jouer un rôle est rapidement prohibitif. La multiplication des catégories augmente la taille de l'échantillon nécessaire à l'identification des comportements.

L'utilisation de ces relations à des fins de prédiction est limitée par l'impossibilité dans laquelle on se trouve

¹ D.D.A. des Côtes du Nord Données de base pour l'élaboration d'une politique de l'Eau dans les Côtes du Nord, 1970

² ROCHE P.A. Etude des possibilités de recourir aux Eaux souterraines en zone de socle pour les réseaux d'alimentation en eau potable. Le cas de la Bretagne en France Rapport 84 ,SGN010 EAU,BRGM, 1984

d'établir, pour des paramètres détaillés, des scénarios d'évolution cohérents entre eux, que ce soit à une échelle locale fine ou à celle d'un ensemble urbain important. A l'inverse, une méthode globale, confondant tous les usagers entre eux présente l'avantage de se prêter aisément à des techniques de scénarios. Il est possible de la réaliser de façon exhaustive avec une précision honorable du fait qu'au niveau communal, on dispose généralement des données nécessaires à un tel calcul sans recourir aux détails de facturation. On sépare dans l'évolution observée des demandes totales la part qui est due à l'évolution de la population, et celle qui est due aux modifications d'usage. Pour réaliser un scénario d'évolution future, on construit ensuite conjointement des scénarios d'évolution de population et de demande unitaire.

Cette méthode simple a été utilisée lors de l'élaboration du Schéma d'Alimentation en Eau Potable de l'Agglomération Parisienne en 1968 et lors de sa première adaptation en 1979. Les limites de cette méthode sont apparues: les demandes industrielles ont en effet suivi une évolution très différente des demandes domestiques, et l'hypothèse d'un comportement homogène de l'ensemble des usagers s'est trouvée en défaut. *Une simple projection des tendances observées doit faire place à une analyse plus détaillée des relations entre les scénarios d'évolution de la population, du niveau de vie, de la conjoncture économique d'ensemble, et de comportements individuels: il faut revenir à une analyse par catégories d'usagers¹.*

L'analyse de détail des fichiers de facturation impose un important travail préliminaire, quand elle est possible (dans de nombreux réseaux, la méthode de facturation est telle que l'on ne peut pas exploiter les archives).

Même si cela semble représenter un surcoût important d'exploitation, il est fondamental que l'Administration impose aux compagnies distributrices la mise en place de fichiers permettant de déterminer la grande catégorie d'usages de chaque branchement muni d'un compteur. Les facturations forfaitaires posent un problème spécifique, qui conduit à des données peu exploitables, qu'il y ait ou non des compteurs d'eau.

Or, dans de nombreux pays en développement, les demandes des usagers ne sont pas comptabilisées et seules sont disponibles

¹ RETKOWSKI Y., ROCHE P.A. Scénarios d'évolution des consommations en eau potable, le cas de l'Agglomération Parisienne, T.S.M. l'Eau, janvier-février 1983, 78ème année, n 1-2

quelques estimations indirectes de la demande (par exemple par analogie). On confond alors -et on néglige même parfois- les termes de fuite du réseau et les volumes desservis non contrôlés, mais néanmoins utilisés. Cette production, interprétée comme une demande, conduit à une surestimation des consommations unitaires, et donc à une surestimation de l'impact de l'augmentation de la population.

D'autres sources d'erreurs vont également dans le sens de la **surestimation de la demande**. En particulier celles résultant de l'*ambiguïté sur la notion de desserte* et que nous allons examiner.

Qu'elle soit facturée ou non, l'eau délivrée aux bornes-fontaines est utilisée. Dans le cas -fréquent- où elle ne représente qu'une faible fraction de l'eau globalement délivrée, la négliger peut conduire à une estimation fort exagérée de la population non desservie et, dès lors, de la demande potentielle.

Même si cette quantité d'eau est prise en compte dans la demande, on peut être tenté, face à la difficulté de dénombrer les utilisateurs des bornes-fontaines, d'agréger celles-ci aux branchements particuliers. Comme les usagers d'un branchement particulier sont évidemment moins nombreux que ceux d'une borne-fontaine, il en résulte là encore une surestimation de la demande unitaire.

Une erreur de même nature trouve son origine dans la revente de voisinage. Ainsi que nous l'avons vu¹, des branchements particuliers sont parfois utilisés comme de véritables bornes-fontaines payantes, alors que la consommation correspondante est attribuée par la société distributrice à un ménage unique.

A titre d'exemple, l'absence de prise en compte des reventes à Kigali aurait conduit à estimer en 1984 à 71 litres/jour la consommation des habitants desservis résidant en habitat économique ou traditionnel et à 107 litres/jour dans les zones d'habitat moyen-standing. En réalité, les taux de desserte réels, c'est-à-dire prenant en compte les accès indirects par revente, y étaient respectivement 3,2 et 2,3 fois plus élevés, ramenant ainsi les consommations spécifiques à 22 litres/j/hab² et 46 litres/j/hab² respectivement².

¹ voir supra, chapitre IV.A, pages 107 et suivantes

² d'après le tableau établi par PESDAY (ibid, p. 21) à partir des enquêtes de 84 (ELECTROGAZ) et de 85 (SEURECA/BRGM/BCEOM)

2. La persistance des modes traditionnels d'approvisionnement

Une des causes récurrentes de surestimation de la demande réside dans la confiance que l'on place généralement dans la capacité de l'eau potable à se substituer à l'eau des puits, marigots ou autres sources traditionnelles généralement polluées en milieu urbain.

Mais, bien que l'eau soit un besoin de base, les implications de son utilisation sur la santé peuvent demeurer ignorées. Lorsque la théorie des germes n'est pas connue ou reconnue, il n'y a guère de motivations à l'abandon des sources traditionnelles d'approvisionnement.

Ce phénomène a été observé et rapporté depuis longtemps par des techniciens sanitaires.

Ainsi, en 1948, un programme national d'éducation ménagère destiné aux Hispano-Américains du Nouveau-Mexique rapportait que "(...) [l']on pouvait enseigner aux femmes à se laver soigneusement les mains avant d'aider à un accouchement, mais on ne pouvait parvenir à leur faire comprendre qu'elles ne devaient pas se passer les mains dans les cheveux après. Elles apprirent aussi à stériliser l'eau en la faisant bouillir, mais ne voyaient pas pourquoi elles ne devaient pas tremper leur doigt dedans pour tester la température."¹

Dans la plupart des cultures, les pratiques d'assainissement sont bien antérieures à la théorie des germes. Aussi les normes relatives à l'élimination des eaux usées revêtent-elles une fonction utilitaire, esthétique ou rituelle plutôt qu'une fonction hygiénique. L'eau de vaisselle sera par exemple réutilisée à l'arrosage des plantes ou du sol des patios.

En 1980, M. ALMENDORF et P. BUCKLES effectuaient pour la Banque Mondiale une étude sur les facteurs sociaux et culturels déterminant la réponse des populations des pays en développement aux technologies de distribution d'eau et d'assainissement. Elles effectuèrent des études de cas sur les sept villes suivantes d'Amérique Latine²:

¹ Soeur M. Lucia VAN DER EERDEN (1948), citée dans: Cultural Patterns and Technical Change, ed. Margaret MEAD, New American Library, New-York, 1955, p. 226

² ALMENDORF M., BUCKLES P. Sociocultural aspects of water supply and excreta disposal série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Volume 5, Banque Mondiale, Washington, 1980, 52 pages + annexes

- (1) San Pedro La Laguna (Guatemala)
- (2) Chijtinimit et Chontalà, El Quiché (Guatemala)
- (3) Yalcuc, Chiapas (Mexique)
- (4) Las Chacras, San Salvador (Salvador)
- (5) Villarrica, Cauca Vallez (Colombie)
- (6) La Fuente, Masaya et Las Mangas, Licoroy (Nicaragua)
- (7) Chan Kom, Yacutan (Mexique)

L'exploitation de leurs enquêtes par questionnaires et entretiens les ont conduites à formuler les observations suivantes quant à la perception de la qualité de l'environnement en général et, dans ses rapports avec celui-ci, de l'eau en particulier¹:

(a) pour la majorité des personnes enquêtées, l'environnement est perçu comme sain pour des raisons sans rapport avec l'eau: la plupart citent l'absence de maladies ou d'épidémies (cas 2, 5 et 6). Beaucoup croient que leur environnement est sain parce qu'il leur fournit de l'air pur, un bon climat et une bonne accessibilité à la ville ("proches de l'autoroute, au cas où quelque chose irait mal..."). Dans les communautés denses, concentrées, un environnement sain est défini comme celui qui préserve l'intimité de la cellule familiale et se caractérise par l'entretien de bonnes relations avec les voisins (cas 1 et 4).

Un environnement sain n'est jamais associé à des théories abstraites sur les vecteurs de maladies ou à la notion de contamination par contact avec des germes pathogènes invisibles dans l'eau ou ailleurs.

(b) d'autre part, ceux qui considèrent que leur environnement est sain citent surtout des motifs liés à l'assainissement (cas 4 et 6). Ils constituent la majorité dans quelques-uns des quartiers péri-urbains enquêtés.

Dans les explications qu'ils donnaient figurait de même l'observation de sources visibles de contamination telles que des cadavres d'animaux dans l'eau des sources d'approvisionnement.

(c) la plupart des enquêtés croient que la qualité de l'eau est bonne si l'eau semble propre (cas 1, 2, 4 et 6). La couleur, le goût et l'odeur sont aussi des critères importants (cas 4 et 6).

Lorsqu'un aménagement a été réalisé, l'eau est considérée comme bonne parce qu'elle est canalisée ou "couverte" (cas 2), ou parce que l'initiative en revient à une institution gouvernementale (cas 6).

¹ idem, p. 37 à 46

Une petite minorité croit que l'eau est bonne parce qu'on la fait bouillir (cas 1 et 5), parce qu'elle ne rend pas malade (cas 4 et 6), parce qu'elle a été traitée (cas 4 et 5), ou parce qu'on a vu un laboratoire de terrain la tester (cas 2).

(d) Il arrive parfois que les consommateurs comprennent le lien entre l'eau et la santé lorsqu'ils sont privés de leur source d'approvisionnement en eau potable après une période d'utilisation suffisamment longue. Quand leur réseau d'AEP cessa de fonctionner pendant 3 semaines, les femmes de Chan Kom (cas 7) observèrent chez elles et parmi leurs enfants une recrudescence de diarrhées.

Le cas d'Ebolowa (Cameroun) vient confirmer cette dernière observation¹. Pour des raisons essentiellement financières, la Municipalité a fermé, entre 1978 et 1980, 18 des 21 bornes-fontaines de la ville. Interrogés sur leurs habitudes d'approvisionnement en eau lors de nos enquêtes de mars 82 dans les quartiers populaires d'Ebolowa-Si et de New-Bell, les habitants ont spontanément précisé qu'ils étaient plus souvent malades depuis qu'ils étaient retournés boire l'eau du puits ou du marigot. Du reste, un rapport d'activités du Service d'Hygiène Urbaine et d'Assainissement d'Ebolowa attirait déjà fin 79 l'attention de la Municipalité sur "la propagation des affections parasitaires intestinales, en nette progression dans notre section depuis la fermeture des bornes-fontaines". Le Médecin-Chef de la Section Régionale de Médecine Préventive et d'Hygiène Publique, mettait en évidence dans un rapport de mission de juillet 81 une "recrudescence d'infections intestinales en raison de nombreuses coupures d'eau (...)".

Les sources d'approvisionnement traditionnelles fournissant une eau presque toujours impropre à la consommation en milieu urbain (pollution des puits privés, peu profonds et souvent contaminés par les effluents des fosses d'aisance, pollution des eaux superficielles), les habitants perdent sans doute peu à peu certains mécanismes de défense contre les infections d'origine hydrique lorsqu'ils abandonnent ces sources au profit de l'eau potable du réseau.

Ainsi est-ce trop souvent à l'occasion de la mise hors-service des bornes-fontaines ou de coupures prolongées du service que les populations ont pris conscience de l'influence de la qualité de l'eau sur la santé.

¹ MOREL A L'HUISSIER A. La gestion des équipements collectifs à Ebolowa (Cameroun) Travail de Fin d'Etudes, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Paris, 1982

Il est éminemment souhaitable que l' -indispensable- apprentissage de la valeur de l'eau potable soit réalisé préalablement à l'installation du réseau par des actions d'enseignement, de sensibilisation et d'information, et non de cette façon dramatique.

Si l'on s'en réfère aux statistiques concernant les modes d'approvisionnement des populations urbaines étudiées, il apparaît malheureusement que les sources traditionnelles d'approvisionnement sont encore souvent préférées, même pour des usages de boisson.

C'est ce qu'illustre le tableau suivant où l'on a regroupé, pour chacune des quatre villes étudiées dans notre recherche financée par le Plan Urbain en 1985, la répartition des ménages suivant leur mode d'approvisionnement en eau de boisson. Ces données proviennent d'enquêtes-ménages effectuées:

- pour Pointe-Noire (Congo): en 1979¹;
- pour Korhogo (Côte d'Ivoire): en 1980²;
- pour Libreville (Gabon): en 1981³;
- pour Lomé (Togo): en 1981⁴.

¹ URBANOR Schéma Directeur de Pointe Noire: Etude socio-urbaine; Mission d'Urbanisme et d'Habitat au Congo, Ministère congolais de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction; Paris; 1980

² BCET - SCET IVOIRE Projet de Développement Urbain des Villes de l'Intérieur 1981-1983: Korhogo - Programme de restructuration; Annexe socio-économique; Abidjan; 1980, 43 p.

³ SEDES Plan National de l'Habitat - Rapport Intérimaire; volume 2: "Résultats de l'enquête sociologique"; Paris; 1982, 84 p.

⁴ Recensement National de 1981, rapporté par: BCEOM - BRGM Alimentation en Eau de Lomé: Analyse de la Demande; Direction de l'Hydraulique et de l'Energie; Lomé; 1983

tableau VII.1 MODES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE BOISSON

	Lomé	Pointe-Noire	Libreville	Korhogo
eau courante sur la parcelle	9,6%	32,8%	22,0%	22,0%
branchement de voisinage et revente d'eau	1,5%	7,7%	30,0%	1,0%
bornes-fontaines	42,6%	1,6%	38,0%	9,0%
puits	46,0%	13,9%	3,0%	68,0%
autres (rivières, marigots,...)	0,2%	44,0%	7,0%	-
total	100%	100%	100%	100%

B. LES VARIABLES EXPLICATIVES DE LA DEMANDE

Sous le terme de variables explicatives, nous regroupons celles qui ont trait:

- à la climatologie (hauteur de précipitation, température);
- aux usagers;

Les premières sont bien connues; nous n'y reviendrons pas. Les secondes forment un ensemble vaste.

1. La population

La donnée la plus élémentaire est celle des effectifs des principales catégories d'usagers évoquées ci-dessus. C'est à l'occasion des recensements généraux de la population qu'on a les moyens de contrôler ces variables.

Les projections de ces populations dans l'avenir montrent qu'il convient d'être modeste dans le détail des catégories: dans son ensemble, l'évolution démographique est difficile à cerner.

Dans le cas de l'agglomération parisienne¹, on s'est inspiré de la réflexion menée par l'IAURIF sur le Schéma Directeur de la région Ile de France.

Les huit scénarios d'évolution de population élaborés par l'IAURIF sont associés au choix des valeurs (haute ou basse) de trois paramètres: population régionale de 9,3 ou 11 millions d'habitants en 2010, poursuite ou arrêt du phénomène de décohabitation², densification de l'agglomération ou desserrement tendanciel vers l'extérieur.

Ils permettent le calcul de la population à différentes échéances, pour chacun des secteurs de distribution et selon chaque choix de ces 3 paramètres généraux. On peut alors utiliser les résultats obtenus conjointement pour un groupe quelconque de secteurs, à l'intérieur d'un même scénario, alors qu'un traitement séparé de ces secteurs aurait conduit à un ensemble de prévisions incohérentes.

Trois scénarios de population ont été utilisés conjointement à 3 hypothèses d'évolution des consommations unitaires domestiques, et en relation avec l'évolution des consommations industrielles et des collectivités publiques. On a ainsi bâti 3 scénarios à l'échelle régionale. Nous décrirons dans le détail ce cas ci-dessous.

Si l'on reprend, à titre comparatif, les projets réalisés en Afrique Noire, la situation est assez complexe, et les informations disponibles présentent des lacunes notables.

L'accroissement de la population urbaine est parfois surestimée, comme ce fut le cas lors des adductions de Dakar (Sénégal), de N'djaména (Tchad) et surtout de certains centres secondaires³. Ainsi, à Filingué (Niger), les perspectives économiques relativement défavorables de la ville n'avaient pas été suffisamment prises en compte. Le nombre d'habitants se stabilisa après la conception du projet en 1969 et demeura stationnaire après sa réalisation.

Plus fréquemment, l'évolution de la population est sous-estimée, notamment pour les grandes villes et surtout les capitales (cas de Lomé, de Ouagadougou et Bobo-Dioulasso, de Bouaké...). La raison en est presque systématiquement la croissance rapide des quartiers suburbains, résultant bien davantage de la migration des ruraux que de l'accroissement naturel.

¹ RETKOWSKY, ROCHE, ibid

² décohabitation: réduction du nombre d'habitants par logement

³ CCE, ibid

Les outils de planification et de réglementation du développement urbain tels que les POS et les COS en France sont inconnus et/ou inapplicables sur ces quartiers. Leurs extensions sont dans bien des cas, incontrôlables, et leurs densités éminemment variables, non seulement s'il s'agit de quartiers d'habitat spontané, mais aussi lorsque des trames d'accueil y sont aménagées. L'expérience a en effet montré que l'implantation des habitants sur ces parcelles sommairement desservies est souvent limitée par des phénomènes de spéculation foncière.

2. Tarifs et revenus

Les prévisions de la demande en eau évaluent très rarement l'impact des changements de niveau tarifaires. Les planificateurs supposent implicitement que la demande en eau est complètement inélastique par rapport au prix (volume d'eau demandé indépendant de son prix de vente).

D'après RINGSKOG K.¹, l'une des raisons pour ne pas tenir compte de l'élasticité de la demande en eau provient de la **contradiction entre l'élasticité positive des revenus et l'élasticité négative des prix**. "Dans des circonstances où les revenus augmentent, écrit RINGSKOG, et étant donné le peu d'effort que déploient les services publics dans le monde pour récupérer les coûts à travers les tarifs, l'élasticité négative des prix a rarement été testée".

De même, selon BRISCOE², l'élasticité de la demande en eau par rapport à une augmentation de tarif tend à être sous-évaluée. D'abord parce que les réseaux des pays en développement sont généralement incapables de fournir les volumes d'eau demandés; ensuite parce que les hausses de tarifs se contentent bien souvent de suivre l'inflation et ne correspondent donc pas à de réelles augmentations.

Le manque fréquent de **mesurage de l'eau consommée** complique par ailleurs le problème. L'examen de l'évolution de la consommation totale ne peut être d'aucun secours puisqu'elle continue vraisemblablement d'augmenter proportionnellement à l'accroissement de la population.

¹ RINGSKOG K. Planification pragmatique de l'approvisionnement en eau, Banque Mondiale, Washington, 1979

² BRISCOE J. The Use of Public Resources for Water Supply and Sanitation Projects in Developing Countries, In Aqua, Vol. 36, n 3, 1987, pp 137-143

A notre connaissance, la première étude systématique de l'élasticité de la demande aux revenus et aux tarifs dans les PED est celle de MEROZ¹. Une analyse statistique des données de consommation par tête dans une quarantaine de villes d'Asie, d'Afrique et d'Amérique Latine l'a conduit à évaluer à 0,4 l'élasticité de la demande par rapport aux revenus et à -0,4 celle par rapport aux prix. D'après RINGSKOG, les données semblent malheureusement peu fiables.

Il est cependant raisonnable d'accorder un certain crédit à la conception économique d'une courbe d'utilité marginale décroissante: les premières unités consommées apportent de grands bénéfices marginaux, après quoi ces bénéfices diminuent rapidement à mesure que la consommation augmente.

KATZMAN² a étudié de façon détaillée en 1977 l'élasticité de la demande en eau domestique par rapport au prix et aux revenus dans l'Ile de Penang (Malaisie). La population de l'île était alors de 400 000 habitants, dont les trois quarts en zone urbaine. Pour des revenus annuels compris entre 0 et \$3 200 (US \$), la consommation des ménages raccordés n'est pas significativement affectée par le niveau de revenu (élasticité nulle par rapport aux revenus). Pour des revenus supérieurs, la consommation en eau s'accroît sensiblement, selon une élasticité évaluée à 0,2-0,4. KATZMAN distinguent 4 classes de consommateurs et 5 classes de consommation vis-à-vis de l'élasticité aux prix à court-terme. Ses résultats sont résumés par KATKO³ dans le tableau VII.2 (voir page suivante).

¹ MEROZ A. A Quantitative Analysis of Urban Water Demand in Developing Countries, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Département Economie, Working Paper n 17, 1968

² KATZMAN M.T. Income and Price Elasticities of Demand for Water in Developing Countries, In Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, Vol. 13, n 1, 1977, pp 47-55

³ KATKO T. The Role of Cost Recovery in Water Supply in Developing Countries, Tampere University of Technology, Institute of Water and Environmental Engineering, rapport n A 41, Tampere (Finlande), 1989, 246 pages, p. 70

tableau VII.2 ÉLASTICITÉS À COURT-TERME PAR RAPPORT AUX PRIX DANS L'ÎLE DE PENANG-MALAISIE (KATZMAN-1977, RÉVISÉ PAR KATKO-1989)

par type d'habitat	élasticité au prix	par niveau de demande	élasticité au prix
urbain riche	-0,07	bas, rural	-
urb. très pauvre	-0,22	haut, rural	-0,13
"shophouse" ^(a)	-0,01	bas, urbain	-0,87
rur. très pauvre	-0,14	moyen, urbain	-0,09
		haut, urbain	-0,27

(a) utilisation de l'eau à des fins domestiques et commerciales à la fois

Des études réalisées à Bogota et à Carthagéna (Colombie) ont montré que la demande des groupes aux revenus les plus faibles devient complètement inélastique après plusieurs augmentations de tarifs. On peut penser que ces groupes font déjà un usage minimal de l'eau et qu'ils ne peuvent se contraindre à le réduire davantage.

Au Lesotho, KINNEAR¹ a trouvé que les consommateurs achètent une quantité minimale de base, quel qu'en soit le coût. Selon KATKO², une telle inélasticité s'applique particulièrement à la revente d'eau dans les quartiers urbains les plus pauvres. A cet égard, LAUGERI³ note que, dans les pays en développement, les consommations domestiques mensuelles inférieures à 15 à 25 m³ peuvent être considérées comme inélastiques, surtout dans les quartiers pauvres desservis par bornes-fontaines.

Ainsi formulée, cette estimation nous semble fausse et risque de conduire à une nette surestimation des demandes. Comme nous l'avons vu plus haut, la présence de sources traditionnelles d'approvisionnement dans les quartiers pauvres peut réduire fortement, voire annuler, les volumes d'eau potable prélevés par les ménages aux BF. Même dans les cas les plus favorables (BF gratuites ou puits rares), les consommations unitaires dépassent rarement 25 litres/jour/habitant ou 6 m³ mensuels par ménage en moyenne.

¹ KINNEAR J. Khartoum Squatter Costs Counted, In World Water, vol. 10, n 11, 1987, p. 55

² KATKO, idem, p. 71

³ LAUGERI L. Tariff Structures in Water Supply, OMS, ETS 82.2, Communication présentée au Congrès de l'A.I.D.E., 8 sept. 1982, Zürich, Suisse, 1982, 6 p.

En revanche, ces consommations moyennes peuvent être très inférieures, de l'ordre d'une dizaine de litres par jour et par habitant (soit environ 3 m³ par ménage et par mois), comme à Ouagadougou dans les zones desservies par points d'eau collectifs ou à Kigali avant l'implantation de BF kiosques en 84¹. Remarquons que dans ces deux exemples, les sources traditionnelles d'approvisionnement étaient rares et ne pouvaient guère fournir de volumes d'appoint.

Il nous apparaît donc plus pertinent de considérer ces derniers chiffres comme ceux d'une consommation inélastique aux revenus et aux prix.

Entre ce niveau de consommation de base (3 m³/ménage/mois environ) et celui à partir duquel revenus et prix deviennent les principaux facteurs déterminant la demande (soit 15 à 25 m³/ménage/mois environ), la question de la sensibilité de celle-ci à ces deux paramètres reste entière. Elle ne peut être traitée qu'en prenant en compte l'ensemble des paramètres définissant le coût d'accès aux différentes sources d'approvisionnement en concurrence et notamment les distances.

3. La distance au point d'eau

Dans les villes africaines, les ménages ont typiquement le choix parmi plusieurs sources d'approvisionnement possibles et la distance ne constitue qu'un critère de sélection parmi d'autres, tels que la qualité de l'eau délivrée (ou du moins qualité perçue), son prix de vente et la disponibilité de main d'oeuvre familiale pour la transporter.

D'après WHITE et al² et d'après KATKO³, le niveau de consommation d'eau n'est que peu sensible à la distance au point d'eau. Cette affirmation nous semble devoir être fortement nuancée. De même que le revenu, la distance au point d'eau n'influence faiblement la consommation qu'à condition qu'aucune autre source alternative d'approvisionnement n'existe à une distance compétitive.

¹ voir chapitre VI.A.3, pages 177-178

² WHITE G.F., BRADLEY D.J., WHITE A.U. Drawers of Water. Domestic Water Use in East Africa, The University of Chicago Press, Chicago et Londres, 1972, 306 pages

³ KATKO T. Vesihuollon kehittämistä Malawissa (Water Supply and Sanitation in Malawi), Finnish Civil Engineering and Construction Journal, Vol. 42, n 5, pp 355-359 (Original en finnois, résumé en anglais), 1986

Rappelons qu'à Kigali, la consommation spécifique des habitants sans accès direct aux branchements privatifs est passée entre 78 et 84 de 10 litres/jour/hab¹ à 15 l/j/hab¹ tandis que la distance moyenne au lieu d'approvisionnement passait de 400 mètres (pour tous les usagers en 78) à 170 mètres (pour les usagers des BF en 84).

Pour la plupart des ménages et dans de nombreuses villes, la distance conduit d'abord à sélectionner deux sources d'approvisionnement distinctes suivant l'usage de l'eau qui en est fait. Les femmes, auxquelles la corvée d'eau est le plus souvent dévolue, choisissent la source qui requiert le moins de temps et d'énergie pour les besoins principaux du ménage en eau: toilette, lessive et lavage notamment. Il s'agit fréquemment d'une source traditionnelle dont l'eau est de plus en plus largement reconnue impropre à la consommation: puits, rivière ou marigot. Aussi consentiront-elles souvent à parcourir de plus longues distances pour collecter la faible quantité d'eau potable nécessaire à la boisson et à la cuisine.

A cet égard, l'alternative la plus typique pour un ménage consiste en un puits individuel d'une part et un point d'eau relié au réseau -borne-fontaine ou branchement d'un voisin-d'autre part, plus ou moins éloigné et souvent payant.

Dans ce cas, On constate fréquemment:

- qu'en deçà d'une certaine distance, souvent inférieure à 200 mètres, une grande majorité des ménages accepteront de s'y approvisionner pour la totalité de leurs besoins;
- qu'au delà d'une distance de l'ordre de 500 mètres, la quasi-totalité des ménages préféreront le délaissier pour ne s'approvisionner qu'à leur puits privatif;
- à l'intérieur de cette fourchette, dont les limites mêmes dépendent des tarifs pratiqués ainsi que du niveau de conscience hygiénique et des revenus de la population, la quantité prélevée en moyenne au point d'eau diminue généralement au fur et à mesure que le coût d'accès croît.

La figure VII.1 (voir page suivante), où l'on a reporté sur un diagramme la quantité prélevée à une borne-fontaine (gratuite) de Libreville par chaque ménage en fonction de la

¹ intégrant à la fois la distance, le temps d'attente au point d'eau et le prix unitaire d'achat de l'eau

distance qui sépare celui-ci du point d'eau, illustre ces variations¹.

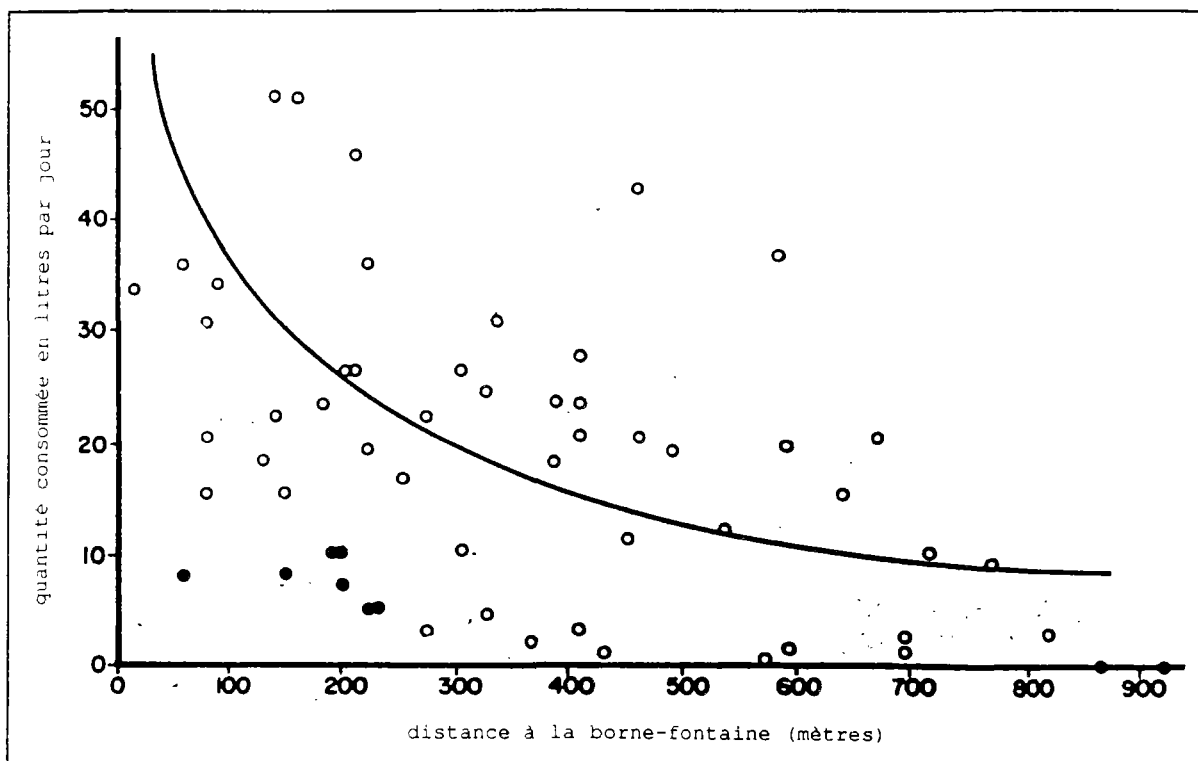


figure VII.1 NIVEAU DE CONSOMMATION EN EAU DES USAGERS DES BORNES-FONTAINES PUBLIQUES DE LIBREVILLE (source: Société d'Energie et d'Eau du Gabon)

4. Le mesurage au compteur

Diverses études ont pu montrer que la demande d'eau est nettement inférieure dans les systèmes équipés de compteurs que dans ceux qui en sont dépourvus. Les chiffres obtenus tournent autour de 40%.

Nous en rapportons ainsi quelques-unes, citées par RINGSKOG²:

- Pundjab (Inde): pour deux villes aux structures socio-économiques très similaires, Ludhiana et Jullundur, la

¹ Société d'Energie et d'Eau du Gabon Projet d'Aménagement et d'Entretien des bornes-fontaines dans les quartiers non urbanisés de Libreville, SEEG, Libreville, Gabon, 1972

² RINGSKOG, ibid

production moyenne mensuelle (à l'exclusion des volumes non comptabilisés estimés à 40% de cette production) a été évaluée à 45m³ pour Ludhiana où la consommation est bien métérée et à 69 m³ pour Jullundur où il n'y a pas de compteur. L'installation des compteurs à Jullundur devrait contribuer, toutes choses égales par ailleurs, à réduire la consommation d'eau par branchement de 33%.

- Lima (Pérou): la demande globale a diminué de 30% quand le mesurage est passé de 44% à 100%.

- Cali (Colombie): la demande globale a diminué de 44% quand des compteurs ont été installés sur 80% des branchements.

- Bogota (Colombie): la demande globale a diminué de 54% quand le mesurage est passé de 8% à 68%.

5. Le rationnement de l'eau par distribution intermittente ou basses pressions

Certains planificateurs ont supposé que le fait de suspendre le rationnement de l'eau conduit à une plus grande demande. RINGSKOG rapporte cependant qu'à Palmyra (Colombie), on a pu constater que la population des zones où les services d'eau étaient intermittents utilisaient les mêmes quantités d'eau que la population des zones où les services étaient continus. D'après RINGSKOG, "l'explication est plutôt simple: les consommateurs des zones où la distribution est bonne et régulière sont libres d'utiliser l'eau aux heures qui leur conviennent le mieux tandis que la population rationnée doit recueillir l'eau durant des heures inconfortables, parfois la nuit, et la stocker. L'introduction de meilleurs services rendra simplement les heures de collecte d'eau plus confortables, mais la quantité d'eau consommée restera identique".¹

Il a même été avancé que *si le rationnement est imprévisible, la population rationnée peut en réalité consommer davantage d'eau que celle correctement desservie*. Plusieurs explications peuvent être mentionnées: il est probable que les consommateurs rationnés emmagasinent de l'eau à l'avance puis la rejettent quand une nouvelle provision leur est fournie; ils peuvent aussi laisser leurs robinets ouverts sans surveillance toute la nuit, par exemple pour recueillir l'eau dans des récipients lorsqu'elle est à nouveau délivrée.

¹ RINGSKOG, ibid

Il a également été prétendu que de fortes pressions dans le système conduiraient à des demandes plus élevées. Il n'y a pas de preuve concluante d'aucune interdépendance entre les pressions et la demande, bien que, logiquement, le taux de fuite dans le réseau augmente avec la pression. Dans le cas de Bogota (Colombie), RINGSKOG rapporte qu'une augmentation substantielle des pressions de service n'a cependant provoqué aucune augmentation significative de la demande. Au contraire, une très bonne corrélation entre les pressions et la demande a été établie à partir d'expérimentations réalisées à Johannesburg (Afrique du Sud). On y a constaté qu'une augmentation de 60% de la pression entraînait un accroissement de 30% de la demande.

Il semble donc risqué de prédire exactement comment les variations de pression influencent la demande en eau étant donné les résultats contradictoires des études réalisées en Colombie, en Afrique du Sud et ailleurs.

C. LA MODÉLISATION DE LA DEMANDE

Les "modèles" socio-économiques de la demande en eau ne manquent donc pas. Niveau de vie, prix de l'eau, température, etc. sont des variables candidates à expliquer au moins dans une certaine mesure, les demandes en eau.

On les ajuste bien souvent par régression linéaire multiple¹. Or, les difficultés rencontrées pour obtenir des données utilisables, en France comme ailleurs, dans l'optique d'une telle démarche nous rendent circonspects sur la nature des ajustements que l'on est susceptible d'obtenir.

Une étude détaillée de la dispersion des demandes unitaires dans la proche banlieue de Paris nous a conduit à constater des variations locales du simple au triple, liées sans doute à des caractéristiques difficiles à prendre en compte, comme la pression dans le réseau, le mode de distribution, etc.

En Bretagne, pour une zone assez homogène du Nord-Finistère, nous avons trouvé également des valeurs allant de 1 à 3, sans que l'on puisse raisonnablement imputer ces écarts à une

¹ WHITFORD P.W. Forecasting demand for urban water supply, Stanford University; Report EEP-36, Sept. 1970

et GIRARDOT P.L., DIVENOT A., BUSTARRET J. Evolution de la demande en eau, T.S.M.-L'eau, juillet 1972 et août-sept. 1972

variable socio-économique quelconque: sources d'approvisionnement complémentaire, ventes gratuites aux collectivités publiques, situations sur le réseau sont certainement aussi importantes que le niveau de vie pour expliquer ces variations.

Ce qui peut être sujet à caution dans les modèles statistiques élaborés sur les pays développés serait vraisemblablement plus significatif pour les pays en développement du fait, dans ce dernier cas, d'une dispersion supérieure des paramètres socio-économiques et d'une moindre régularité (en sens et continuité) de leurs variations. Une plus grande incertitude sur ces paramètres vient toutefois diminuer ce gain.

Comme nous le concluons dans notre communication¹, **il semble que la formulation de la demande à partir de variables trop nombreuses soit un exercice plus périlleux que fructueux**. Les questions fondamentales que l'on peut se poser tournent autour des problèmes suivants:

- la demande des usagers n'est pas directement liée à un "besoin" que l'on associerait à leur description socio-économique; c'est une **demande de service**: quantité, qualité, accessibilité et sécurité conditionnent également l'usage;

- au mieux, on ne peut raisonnablement disposer que des données suivantes:

- .volumes produits et facturés annuellement;
- .répartition des facturations par grande catégorie d'usagers;
- .population d'ensemble et par grande catégorie.

Ceci est vrai, tant pour la compréhension des demandes observées que pour la prospective des demandes futures;

- on dispose généralement d'une bonne connaissance des pratiques habituelles des personnes concernées. Il est en revanche tout-à-fait difficile de prévoir leur attitude dans un contexte différent;

- les prospectives à l'échelle régionale et à l'échelle des petites unités de distribution sont difficiles à harmoniser. Les aménagements en matière de distribution d'eau potable sont en général considérés parmi les équipements structurants dont le dimensionnement est plutôt fondé sur des scénarios sécuritaires (forts). La difficulté pour l'eau potable est que la demande sera

¹ MOREL A L'HUISSIER A., ROCHE P.A. ibid, p. 15

relativement localisée, dans des unités de distribution qui ne sont pas toujours prévisibles.

1. Les ajustements statistiques: difficultés particulières

Dans de nombreux cas, on ne dispose que de la possibilité de raisonner par analogie avec d'autres réseaux supposés assurer une demande satisfaisant les demandes. Cette dernière condition est d'ailleurs l'une des plus malaisée à contrôler: bien souvent, les volumes fournis sont plutôt l'indicateur des performances du réseau employé à sa capacité maximale, et il est difficile de savoir quel volume a manqué à la satisfaction des demandes en cas de pénurie.

Compte-tenu de ces difficultés et de la diversité des situations, les évaluations pratiquées couramment par les bureaux d'études ne peuvent fournir tout au plus qu'un ordre de grandeur de la demande.

Dans le cas d'une agglomération en croissance progressive, on est tenté d'utiliser les données historiques pour affiner les estimations.

Le problème statistique d'identification n'est pas simple:

- les observations annuelles ne sont pas des données indépendantes. Elles sont les valeurs prises successivement par un processus présentant certaines permanences. Or, les méthodes de régression multiple aux moindres carrés ne permettent de tester la significativité des ajustements que sous la réserve de l'indépendance des observations;
- il faut faire la part des choses entre:
 - . la structure des tendances à long-terme (non stationnarité de la série);
 - . les corrélations liées à la mémoire du processus (mais sans dérive du phénomène dans le temps);
 - . les variations saisonnières, parfois très marquées, utile pour comprendre et évaluer les demandes de pointe;
 - . les effets aléatoires non expliqués;
 - . les effets aléatoires liés à des variables exogènes.

Dans l'annexe VII.1, nous décrivons sommairement la procédure d'identification qui est souvent utilisée pour décrire ces séries.

Nous y présentons un exemple simple destiné à illustrer les difficultés d'identification liées à l'estimation des tendances, étape fondamentale pour les méthodes de prévision.

L'extrapolation d'une relation analytique avec la variable temps est à l'évidence dangereuse et personne ne songerait à l'utiliser. C'est pourquoi on utilise des variables supposées explicatives, comme la population.

Si le rythme d'évolution de la population est modifié pour l'avenir, on saura prendre en compte ce changement pour évaluer les demandes en connaissant les demandes unitaires. Certes, cela ne fait que repousser le problème: comment prévoiera-t-on l'évolution de la population? Mais, par ailleurs, cela impose des hypothèses nouvelles et fortes: la population est un bon indicateur de la demande, les demandes unitaires n'évoluent pas trop, etc. Quelle évidence y a-t-il de la liaison entre ces deux variables? Cette liaison est a priori justifiée: ajouter des abonnés au réseau a de bonnes chances d'augmenter la demande. Mais peut-on vraiment aller beaucoup plus loin? Les populations et les demandes ont augmenté en même temps par le passé, certes, mais cela ne prouve en rien l'influence de l'une sur l'autre.

Dans l'annexe VII.1, nous avons généré deux processus aléatoires sur 20 ans, totalement indépendants mais présentant l'un et l'autre une croissance notable vis-à-vis de leur dispersion. Puis, classiquement, nous avons établi une régression linéaire entre eux. L'ajustement statistique est bon: le coefficient de corrélation linéaire est de 0,85. Puis nous avons supposé connues les lois statistiques de l'évolution du premier processus pour les 20 années suivantes. La régression nous a permis de déduire une prévision du deuxième, avec les ordres de grandeur de la dispersion de cette prévision, etc..., tous résultats parfaitement vraisemblables. L'unique inconvénient est que l'absence a priori de relation entre ces processus vient ôter toute crédibilité à ces résultats.

Par ailleurs, il apparaît que, même si l'on utilise une méthode statistique parfaitement correcte, la longueur de l'échantillon est telle que des erreurs très significatives sont faites sur l'évaluation de tendance.

L'exemple que nous avons montré est également intéressant par le fait que les résultats obtenus sont raisonnables, bien qu'étant injustifiés. Ceci est un peu la règle générale de ces méthodes de prévision: elles ont bonne apparence. **Les liaisons**

entre variables semblent claires, la prospective est acceptable...mais un examen plus scrupuleux montre que rien de plus n'a été apporté par le présumé modèle.

2. Un outil bien adapté: les techniques de scénarios

Cette incursion dans les modèles statistiques nous ramène vers les techniques de scénarios élaborés à partir des données historiques. Ces scénarios permettent une représentation synthétique et concrète de la prévision. En particulier, ils sont utiles pour représenter la dispersion des valeurs que l'on est susceptible d'obtenir. La conjugaison d'hypothèses hautes et basses sur divers descripteurs de la situation permet d'éliminer des associations jugées aberrantes, mais aussi de prendre conscience de la fragilité des hypothèses qu'il faut superposer pour obtenir une prévision, et de prendre en compte différentes interprétations possibles des données historiques.

Dans le cas de l'agglomération parisienne, malgré l'importante masse d'informations traitées, c'est une telle technique qui a été préférée¹.

En ce qui concerne les consommations des ménages, il était apparu différents types d'évolution: stagnation dans le centre, et diffusion des valeurs importantes du centre vers la périphérie, retraçant bien l'urbanisation progressive de certaines zones. L'historique étudié présentait cependant un fléchissement d'ensemble vers 1973. Deux interprétations en ont été données:

- tendancielle

La saturation progressive de la demande individuelle vers un plafond déjà atteint dans certains quartiers est relativement insensible à la conjoncture. Les niveaux vers lesquels ces demandes évoluent doivent être compatibles à terme avec les habitudes actuelles. A cette hypothèse doit être associée une évolution très modérée de la répartition des populations, qui ne remette pas en cause les types d'habitat actuels.

- conjoncturelle

On juge que l'historique disponible reflète deux périodes, l'une de croissance, l'autre de stagnation. Deux scénarios opposés sont à développer:

¹ voir supra, p. 238

. reprise de la croissance: elle ne peut se faire que dans les zones assez libres pour qu'une nouvelle dynamique s'y développe (périphérie);

. stagnation: c'est l'image de l'agglomération actuelle à peu près figée dans ses pratiques par manque de moyens de modernisation, et limitation du pouvoir d'achat. Dans un tel cas, une certaine reconcentration de l'agglomération est à envisager.

D'autres types d'analyses similaires peuvent être conduits. Les paramètres des scénarios à retenir dépendent du cas étudié: développement de l'irrigation (en pourcentage du programme initialement prévu), efficacité des mesures volontaristes d'économie d'eau (lutte contre le gaspillage), délai de mise en oeuvre d'une campagne d'hygiène publique, etc.

3. Le choix du mode d'approvisionnement

Puisque plusieurs sources d'approvisionnement en eau sont typiquement disponibles dans les pays en développement, au contraire des pays développés, il est indispensable de pouvoir disposer d'outils permettant de prévoir la façon dont les ménages sélectionneront celle(s) qu'ils utiliseront.

A notre connaissance, les travaux de MU, WHITTINGTON et BRISCOE¹ constituent les seules tentatives faites jusqu'à ce jour pour modéliser le choix du mode d'approvisionnement des ménages dans les PED.

Si U_i désigne la fonction d'utilité du consommateur i associée à la consommation de l'eau pour un usage donné, q_i la quantité

¹ MU X., WHITTINGTON D., BRISCOE J.:

Willingness to pay for water in rural areas: Methodological approaches and an application in Haiti; Field Report 213; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1987; 93p

Modelling Village Water Demand Behaviour: A Discrete Approach, WASH, 1988

"Modeling Village Water Demand Behavior: A Discrete Choice Approach" In Water Resources Research; Vol. 26; n 4; pages 521-529; 1990

totale consommé à cet usage, q_{1j} , celle qui provient de la source j et J l'ensemble des N sources d'approvisionnement possibles ($j \in J$), rappelons que $U_1(q_{11}, \dots, q_{1N})$ ne peut être maximisé que s'il existe q_1^* pour lequel:

$$\partial U_1 / \partial q_{1j}^* = 0 \quad , \quad \forall j \in J$$

Si un ménage n'a recours qu'à une seule source d'approvisionnement pour un usage donné, alors:

$$\begin{aligned} q_{1j} &= q_1 & \text{si } j \text{ est choisie} \\ q_{1j} &= 0 & \text{sinon} \end{aligned}$$

et les conditions du premier ordre énoncées ci-dessus ne sont pas remplies. La théorie classique de la demande, fondée sur la maximisation du surplus de l'utilisateur, ne s'applique donc pas dans cette hypothèse, retenue par WHITTINGTON, MU et BRISCOE dans leur recherche.

Ces auteurs ont fait appel à la théorie du choix discret, développée et appliquée à la demande de transport par BEN AKIVA et LERMAN¹ pour résoudre le problème. Au lieu de déduire la fonction de la demande à partir des conditions du premier ordre, l'analyse porte directement sur les fonctions d'utilité dans cette théorie. A l'intérieur de l'ensemble des alternatives possibles (dans notre cas, l'ensemble J des sources d'approvisionnement), on suppose que le ménage i choisit l'alternative j dès lors que:

$$U_{1j} \geq U_{1k} \quad j, k \in J \quad j \neq k$$

où U_{1j} et U_{1k} sont des fonctions d'utilité indirectes conditionnées par le choix.

Soit y une variable duale telle que:

$$\begin{aligned} y_{1j} &= 1 & \text{si } U_{1j} \geq U_{1k} \\ y_{1j} &= 0 & \text{sinon.} \end{aligned} \quad j, k \in J \quad j \neq k$$

On suppose en outre que les incohérences observées dans le comportement vis-à-vis du choix résultent de perturbations aléatoires inobservables et l'on ajoute donc un terme aléatoire au terme systématique (ou observé) dans une fonction d'utilité elle-même aléatoire. L'utilité du ménage devient alors une variable aléatoire.

¹ BEN AKIVA M., LERMAN S. Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand, MIT Press, Cambridge, Mass., 1985

Si l'on appelle v le terme systématique et e le terme aléatoire, la fonction d'utilité du ménage i associée à la source j devient alors:

$$U_{ij} = v_{ij} + e_{ij} \quad j \in J$$

Par conséquent, le choix exprimé par y peut être réécrit en termes de probabilités de la façon suivante:

$$P(y_{ij}=1) = P[(v_{ij} + e_{ij}) \geq (v_{ik} + e_{ik})] \quad j, k \in J \quad j \neq k$$

La distribution de U_{ij} et le modèle de choix obtenu dépendent de la loi de distribution choisie pour e . WHITTINGTON et al. adoptent celle de Gumbel¹, très largement utilisée dans la modélisation des décisions individuelles avec choix discrets.

La probabilité qu'un ménage i choisisse la source j s'écrit alors:

$$P(y_{ij}=1) = P_i(j) = \exp(v_{ij}) / \sum_k \exp(v_{ik})$$

Les variables indépendantes dans la fonction d'utilité indirecte peuvent être classées en deux groupes: (1) celles qui décrivent chaque source d'approvisionnement et (2) les caractéristiques socio-économiques des ménages. Ce second groupe regroupe les variables candidates à expliquer les variations de goûts entre les ménages choisissant des sources d'approvisionnement en eau différentes.

Dans l'application de leur modèle à l'analyse de la demande en eau d'un village kenyan², où les 69 ménages enquêtés s'approvisionnaient soit à la borne-fontaine kiosque (payante) la plus proche, soit au puits (gratuit) le plus proche, soit encore à un vendeur-livreur, WHITTINGTON et al. ont ainsi retenu les variables suivantes:

(1) le temps nécessaire à l'approvisionnement (lié linéairement à la distance), le prix de vente de l'eau (0,50FF environ pour 20 litres livrés à domicile, 0,05FF pour la même quantité achetée à la BF) et le goût de l'eau (0 pour celle des puits, 1 pour celle du réseau, délivrée aux BF et par les livreurs);

(2) le revenu total annuel du ménage, le nombre total d'années d'éducation formelle de ses membres, enfin le

¹ avec une moyenne égale à 0 et un paramètre d'échelle égal à 1

² WHITTINGTON et al., 1990, idem, page 526

nombre de femmes adultes dans le ménage.

Sur leur cas d'application particulier, ces auteurs ont ainsi montré que le temps nécessaire à la collecte de l'eau, le prix d'achat, le goût de l'eau tel qu'il est perçu et le nombre de femmes du ménage sont les variables qui affectent de façon significative le choix de la source d'approvisionnement. Le revenu du ménage, notamment, apparaît tout-à-fait secondaire.

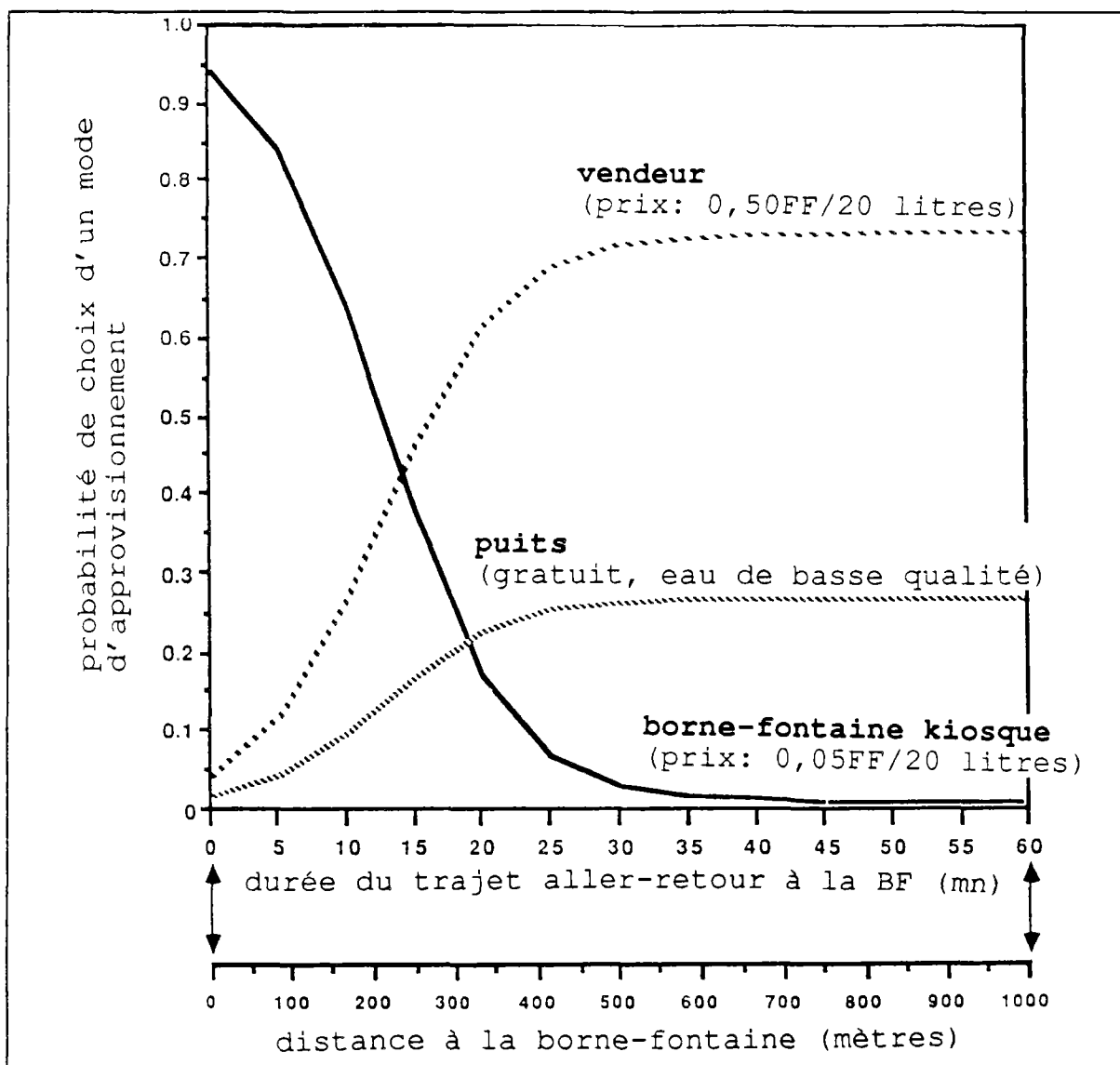


figure VII.2 PROBABILITE DE CHOISIR UNE BORNE-FONTAINE, UN LIVREUR OU UN PUIT EN FONCTION DE L'ELOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE (source: WHITTINGTON, MU et BRISCOE, 1990)

La figure VII.2 montre les résultats de leur analyse en termes de probabilité qu'un ménage choisisse l'un des trois modes d'approvisionnement en fonction de la distance qui le sépare de la borne-fontaine.

chapitre VIII. ANALYSE ÉCONOMIQUE SPATIALE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS

INTRODUCTION

La littérature technique abonde de normes ou de recommandations portant sur les paramètres d'implantation des bornes-fontaines. Il est mentionné ici que le rayon de desserte devrait être compris entre 200 et 500 mètres, là que le nombre d'habitants desservis ne devrait pas excéder 40, ou 100, ou 1000.... Outre leur discordance, ces chiffres ne sont que rarement associés à des hypothèses de densité de population, de tarifs de vente aux points d'eau ou d'existence de modes d'approvisionnement concurrentiels -toutes données dont on imagine qu'elles ne sont pourtant pas sans influence sur la demande.

Dans son rapport d'évaluation des opérations "bornes-fontaines kiosques"¹, M. PESLAY écrivait en 87:

"En conclusion opérationnelle globale, ces phénomènes de concurrence amènent à poser le problème de la localisation optimale des bornes-fontaines, s'intégrant à la programmation d'ensemble des différents modes d'approvisionnement en eau (...). En bref, la recherche d'une localisation optimale des bornes-fontaines doit prendre en compte et combiner à la fois:

- les risques de concurrence entre bornes-fontaines elles-mêmes, si elles sont construites trop proches les unes des autres; mais les distances exactes peuvent varier selon la densité de population et selon le relief;
- les relations de concurrence/complémentarité entre les divers modes d'approvisionnement existants et les rapports coûts-distances qui les caractérisent et qui déterminent les comportements de la majorité des usagers".

La planification de l'approvisionnement en eau par points d'eau collectifs souffre en effet de l'absence d'outils de

¹ PESLAY M. Bornes-fontaines kiosques évaluation socio-économique. Villes de Kigali (Rwanda) et de Banqui (RCA). Caisse Centrale de Coopération Economique; 56 Pages + annexes; Paris août 87., p. 34

prévision de la demande et de mesure de sa sensibilité aux paramètres de décision.

Faute de disposer de tels outils, on équipe certains quartiers de bornes-fontaines en surnombre, alors qu'elles font défaut dans d'autres. Or, l'inadéquation de l'offre à la demande a, dans ce secteur particulier de l'approvisionnement collectif, de graves répercussions sur la durabilité des ouvrages, leur prise en charge par la population, l'efficacité d'une politique sanitaire ainsi que sur l'équilibre financier des sociétés distributrices.

Comme nous avons pu le noter, les *puits privatifs* constituent le frein le plus notable à l'utilisation de bornes-fontaines payantes et la revente par *livraison-portage* l'alternative la plus remarquable à l'absence de desserte à domicile par réseau canalisé.

Aussi le présent chapitre expose-t-il un **modèle théorique de la demande** fondé d'abord sur la seule notion de *coût d'accès* pour l'utilisateur des bornes-fontaines soumises à la concurrence des puits privatifs, puis sur l'alternative supplémentaire d'une livraison à domicile représentée par un *coût de desserte*.

Comme toute théorie, elle nécessite un corps d'hypothèses simplificatrices concernant les agents, les unités, leurs relations et l'espace.

A. HYPOTHESES

1. Coûts de transport

L'espace est isotrope pour les coûts de transport, c'est-à-dire qu'il est possible de parcourir une même distance quelle que soit la direction pour un même coût de transport. Cette hypothèse est indispensable étant donné que les directions des déplacements dépendent de la localisation des équipements, et sont donc a priori quelconques.

Les coûts de transport sont proportionnels aux poids et aux distances. Cette hypothèse, classique dans la théorie de la localisation industrielle, se traduit ici par l'expression suivante du coût de transport de la quantité d'eau q_i par le consommateur i situé à la distance d_i du point d'eau:

$$C_{t,i} = t_i \cdot d_i \cdot q_i \quad (1)$$

De la même façon que le tarif de transport est considéré comme uniforme dans la théorie de la localisation industrielle, l'espace est ici homogène pour toutes les propriétés liées au comportement des consommateurs, en particulier pour le coût unitaire du transport:

$$t_i = t \quad \forall i \quad (t \text{ en unités monétaires par} \\ \text{unité de volume et de distance})$$

Ce coût unitaire de transport n'est affecté qu'aux usagers directs des points d'eau collectifs. Dans le cas d'une livraison à domicile, le coût du transport est supporté par le revendeur-livreur: le prix du service payé par l'utilisateur est un prix CAF, identique pour tous sur un même quartier.

2. Métrique

La question qui se pose ici avec l'intégration de l'espace dans la recherche de solutions analytiques au problème de localisation, est celle de la représentation formelle des déplacements.

La métrique euclidienne est celle qui vient tout d'abord à l'esprit.

C'est effectivement dans un sous-espace convexe de l'espace euclidien que WEBER situe son analyse de la localisation optimale d'une unité de production¹.

Mais l'espace euclidien n'est ni un reflet fidèle des itinéraires réels, ni un moyen d'obtenir facilement des solutions analytiques. Supposons que l'on retienne comme critère de choix entre les différentes métriques possibles la propriété de ne pas trop déformer les déplacements réels.

Comme l'explique PERREUR², les mathématiques offrent une grande variété de métriques, mais leur intérêt économique est inégal: d'une manière générale, il est possible de recourir à des L_p normes ou à des normes polyédriques (block-norms).

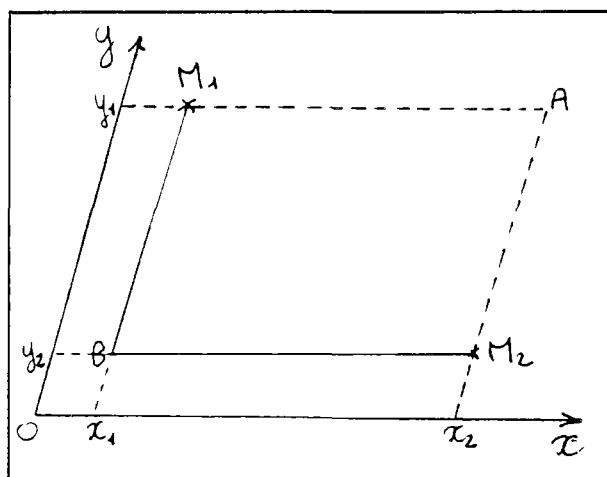
Parmi ces dernières on distinguera en particulier les métriques obli-linéaires, pour lesquelles deux directions

¹ WEBER A. Über den Standort der Industrien, Tübingen, Verlag Mohr., 1909; trad. angl. FRIEDRICH C.J. Alfred Weber's Theory of the Location of Industries, Chicago, University of Chicago Press, 1929-1957

² Analyse économique spatiale, sous la direction de C. PONSARD, PUF, Paris, 1988, p.116

distinctes (non parallèles) suffisent à définir la norme, et dans lesquelles un déplacement quelconque est toujours parallèle à l'une de ces deux directions.

Ces métriques se révèlent particulièrement intéressantes pour la représentation de tous les réseaux dans lesquels deux directions privilégiées apparaissent (exemple des villes ou quartiers aux rues parallèles, type Manhattan). Dans ce cas, ces directions servent à définir les axes de référence.



$$\begin{aligned} d(M_1, M_2) &= |x_2 - x_1| + |y_2 - y_1| \\ &= d(M_1, A) + d(A, M_2) \end{aligned}$$

figure VIII.1 METRIQUE OBLI-LINEAIRE

Ces métriques possèdent des propriétés notables¹:

- pour un système d'axes donné, il existe une infinité de déplacements entre deux points donnés qui correspondent à la même longueur (inclus dans le parallélogramme M_1AM_2B). Cette particularité donne plus de souplesse dans l'approximation d'un itinéraire par une distance rectilinéaire;
- si la métrique euclidienne sous-estime la longueur des déplacements réels, la métrique obli-linéaire les surestime. Certains auteurs proposent de déduire un coefficient d'approximation moyenne en comparant distance réelle et distance rectilinéaire pour un échantillon au hasard de déplacements. Utilisé comme coefficient multiplicateur de la distance dans les modèles, il réduirait les distorsions. Appliquée aux résultats suivants, cette procédure ne modifie pas les modèles de surplus, de consommation moyenne, ni de densité optimale

¹ ibid, p. 124

de points d'eau¹. Seules les valeurs prises par la fonction de coût de transport changent.

Les distances d'indifférence et espacements optimaux entre bornes-fontaines seront d'autant plus proches de la réalité qu'on aura eu soin de **choisir une orientation des axes qui respecte le mieux possible les grandes orientations du réseau viaire représenté.**

- les métriques obli-linéaires sont séparables puisqu'il s'agit d'une simple somme de la valeur absolue des différences d'abscisses et des différences d'ordonnées. Il est donc possible de prendre en considération des coûts unitaires (ou tarifs) de transport différents selon que l'on se déplace suivant l'un ou l'autre des deux axes de référence². Comme pour les coefficients d'approximation précédents, une double "tarification" modifie la valeur de la fonction de coût mais pas les résultats des modèles.

3. Fonction d'utilité des usagers

La fonction d'utilité diffère suivant les usagers: les besoins domestiques varient en effet selon la taille du ménage, le type et le niveau de confort de son habitat, et bien d'autres critères. De plus, puisque l'on n'envisage ici que l'utilité associée à la consommation d'eau potable, le niveau de conscience hygiénique joue aussi un rôle important. Cependant, les fonctions d'utilité de tous les usagers ont quelques points communs:

- l'utilité U associée à la consommation d'eau potable croît en fonction de la quantité q_i consommée par l'utilisateur i ;

- sa croissance est plus rapide pour les premières unités consommées; en d'autres termes, l'utilité marginale est maximale pour les premiers litres d'eau potable consommés puis diminue progressivement avec q_i .

¹ du fait de l'équivalence de toutes les normes en espace normé: voir CHOQUET G. Cours d'analyse, Tome II: Topologie; Masson Ed.; Paris 1973; p. 208

² **le relief peut ainsi être pris en compte:** il suffit par exemple d'adopter un coût de transport d'autant plus élevé que la direction considérée correspond à une pente plus grande

Dans la situation particulière envisagée ici, où les ménages ont a priori une source d'eau non potable à leur disposition, les premiers litres d'une eau potable se substituant à une quantité équivalente d'eau non potable sont d'autant plus "utiles" à ces ménages qu'ils accordent davantage de crédit à l'influence exercée par la qualité de l'eau de boisson sur leur santé. **La pente de la courbe d'utilité à l'origine peut donc être considérée comme un indicateur du degré de conscience hygiénique.**

La population est supposée homogène vis-à-vis de tous les facteurs susceptibles de déterminer ses besoins: la même fonction d'utilité est donc affectée à tous les usagers.

Dans le cas général et théorique, désigné par (U1), cette fonction d'utilité aura l'allure classique, de type asymptotique, représentée par la figure VIII.2. L'expression analytique des fonctions d'utilité et d'utilité marginale est la suivante:

$$U = h \cdot \left(1 - e^{-\frac{q_1}{q_0}}\right) \quad (2)$$

$$\frac{dU}{dq_1} = \frac{h}{q_0} \cdot e^{-\frac{q_1}{q_0}} \quad (3)$$

Cependant, même si le coût d'accès à la source d'approvisionnement traditionnelle est nul (cas des puits privatifs préexistant), la quantité d'eau consommée par un ménage, tous usages confondus, est limitée. Soit q_0 cette limite. Tant que les pratiques et usages ne sont pas trop modifiés par le passage à une source d'eau potable, on peut estimer que cette valeur q_0 constitue un majorant à la quantité d'eau potable que le ménage lui substituera. L'utilité marginale s'annulera donc pour $q_1 = q_0$.

Fonction d'utilité et d'utilité marginale ont alors pour équation:

$$U = 2h \cdot \frac{q_1}{q_0} \cdot \left(1 - \frac{q_1}{2q_0}\right) \quad (4)$$

$$\frac{dU}{dq_1} = 2 \frac{h}{q_0} \cdot \left(1 - \frac{q_1}{q_0}\right) \quad (5)$$

L'allure de cette fonction , dans ce cas désigné par cas simplifié (U2), est représenté par la figure VIII.3.

La fonction d'utilité peut encore être simplifiée si l'on suppose que la consommation maximale q_0 demeure suffisamment faible pour que l'effet de saturation des besoins soit imperceptible; en d'autres termes: pour que l'utilité marginale soit constante. Ce cas simplifié (U3) a pour équations:

$$U = h \cdot \frac{q_1}{q_0} \quad (6)$$

$$\frac{dU}{dq_1} = \frac{h}{q_0} \quad (7)$$

L'allure de la fonction d'utilité (U3) est représentée sur la figure VIII.4.

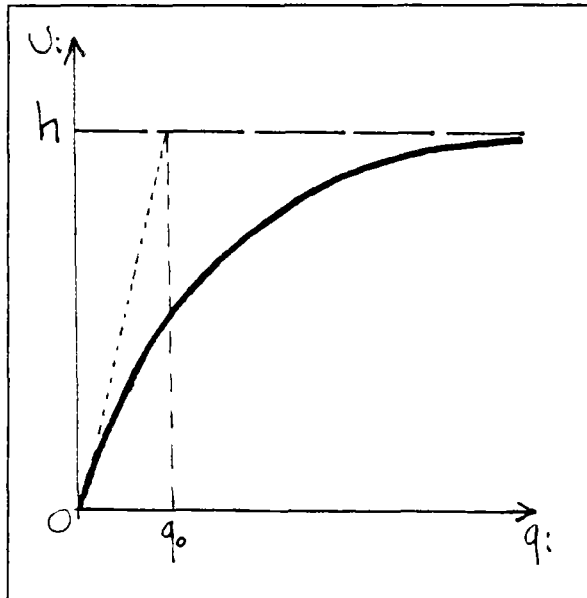


figure VIII.2 FONCTION
D'UTILITE/ CAS THEORIQUE (U1)

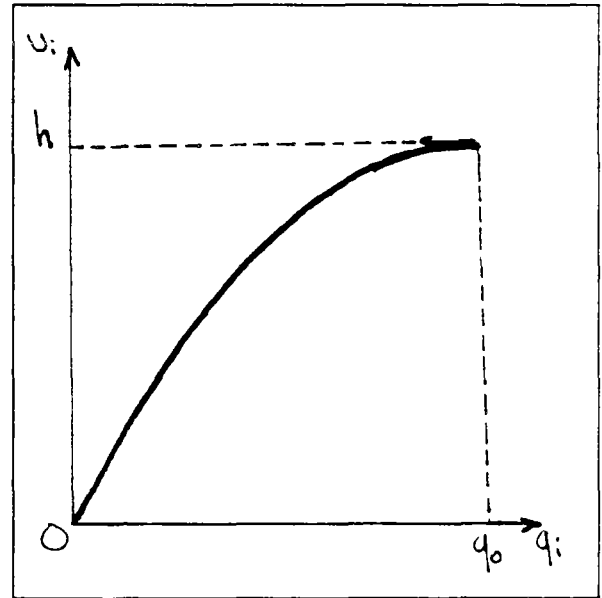


figure VIII.3 FONCTION
D'UTILITE/ CAS SIMPLIFIE (U2)

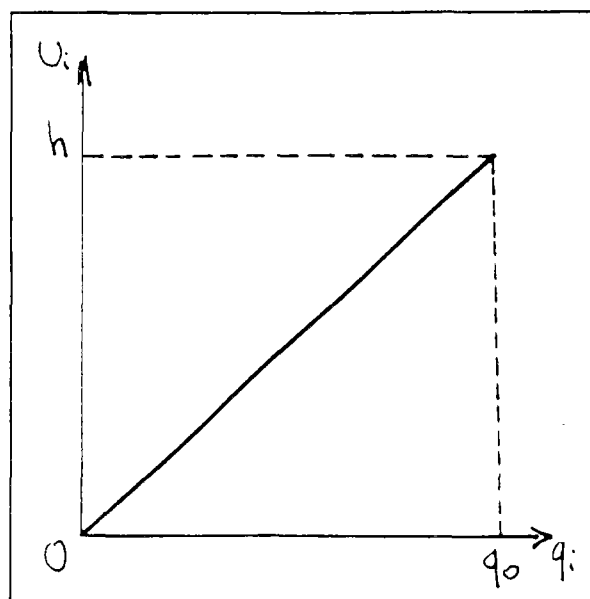


figure VIII.4 FONCTION D'UTILITE/ CAS SIMPLIFIE (U3)

	$U(q_i)$	$\frac{dU_i}{dq_i}$
U1	$h(1 - e^{-\frac{q_i}{q_0}})$	$\frac{h}{q_0} e^{-\frac{q_i}{q_0}}$
U2	$2h \frac{q_i}{q_0} \left(1 - \frac{q_i}{2q_0}\right)$	$\frac{2h}{q_0} \left(1 - \frac{q_i}{q_0}\right)$
U3	$h \frac{q_i}{q_0}$	$\frac{h}{q_0}$

B. SYSTEME BORNES-FONTAINES/PUITS PRIVATIFS

On suppose que le coût d'accès au puits individuel, situé sur la parcelle, est nul.

Pour un usager i de la borne-fontaine situé à la distance d_i de celle-ci, le coût associé à la consommation de q_i litres d'eau potable payés au tarif unitaire de C_f unités monétaires par litre est égal au prix d'achat augmenté du coût de transport. Compte-tenu de l'équation (1), le coût d'accès au service a donc pour expression:

$$C_{a,i} = (C_f + td_i)q_i \quad (8)$$

U_i représentant l'utilité qu'il retire de cette consommation, le surplus (ou bénéfice) de l'utilisateur i s'écrit:

$$S_i = U_i - C_{a,i} \quad (9)$$

L'utilisateur maximise son surplus: q_i et d_i sont donc implicitement liés par l'équation (9) et la contrainte $\text{Max} S_i$.

1. Consommation et surplus des usagers en fonction de leur éloignement de la borne-fontaine

Soient les distances d_0 et d_1 définies par:

$$d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t} \quad \text{et} \quad d_1 = \frac{2h - q_0 C_f}{q_0 t}$$

La résolution de l'équation (9) sous contrainte de maximisation du surplus des usagers permet de déterminer les relations suivantes, pour chacune des hypothèses (U1), (U2) et (U3) relatives aux fonctions d'utilité:

a. consommations individuelles d'eau potable

(U1)

$$\begin{aligned} q_i &= q_0 \cdot \log \frac{h/q_0}{C_f + t d_i} & \text{si } d_i \leq d_0 \\ q_i &= 0 & \text{si } d_i \geq d_0 \end{aligned}$$

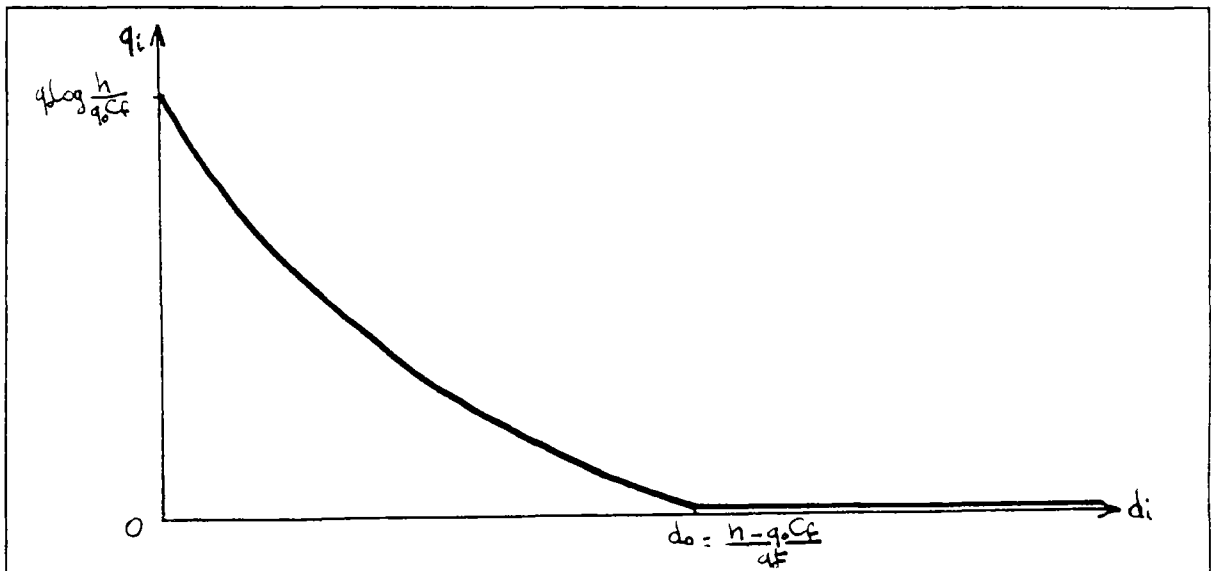


figure VIII.5 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS THÉORIQUE (U1)

(U2)

$$\begin{aligned} q_i &= q_0 \frac{q_0(d_1 - d_i)t}{2h} & \text{si } d_i \leq d_1 \\ q_i &= 0 & \text{si } d_i \geq d_1 \end{aligned}$$

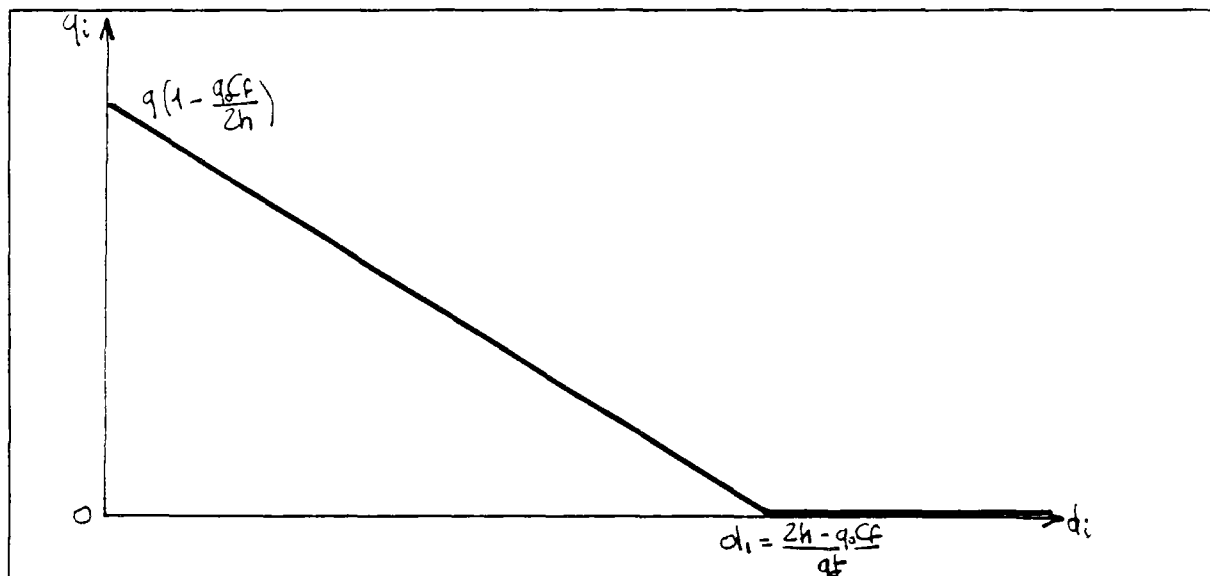


figure VIII.6 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)

(U3)

$$\begin{aligned} q_i &= q_0 & \text{si } d_i \leq d_0 \\ q_i &= 0 & \text{si } d_i \geq d_0 \end{aligned}$$

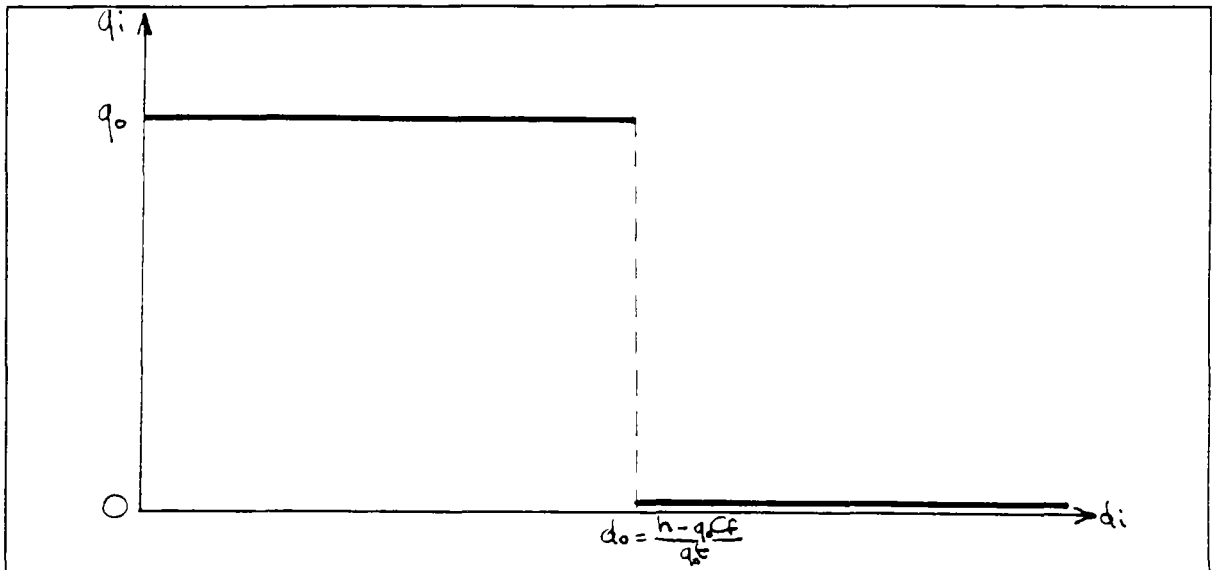


figure VIII.7 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)

b. surplus individuel lié à la consommation d'eau potable

En remplaçant dans l'équation (9) q_i par son expression en fonction de l'éloignement à la borne-fontaine, on obtient les relations suivantes, liant surplus individuel et d_i :

(U1)

$$\begin{aligned} S_{c,i} &= h \cdot \left(1 - e^{-\frac{q_i}{q_0}} - \frac{q_i}{q_0} e^{-\frac{q_i}{q_0}} \right) & \text{si } d_i \leq d_0 \\ S_{c,i} &= 0 & \text{si } d_i \geq d_0 \end{aligned}$$

(U2)

$$\begin{aligned} S_{c,i} &= h \cdot \left(\frac{q_0 t (d_1 - d_i)}{2h} \right)^2 & \text{si } d_i \leq d_1 \\ S_{c,i} &= 0 & \text{si } d_i \geq d_1 \end{aligned}$$

(U3)

$$\begin{aligned} S_{c,i} &= (d_0 - d_i) \cdot q_0 t & \text{si } d_i \leq d_0 \\ S_{c,i} &= 0 & \text{si } d_i \geq d_0 \end{aligned}$$

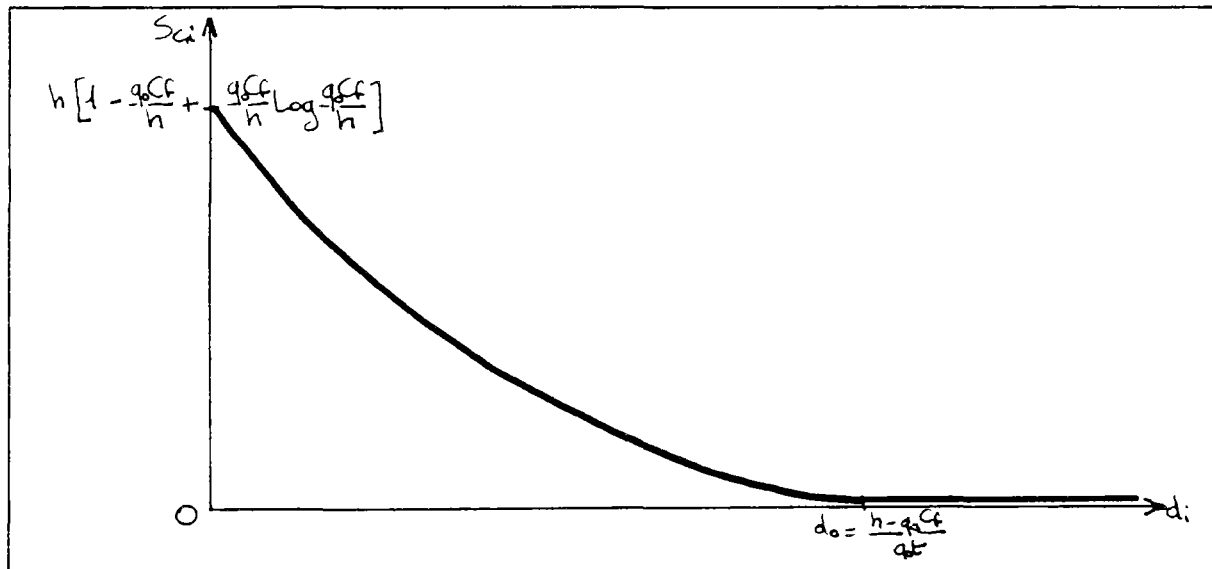


figure VIII.8 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS THÉORIQUE (U1)

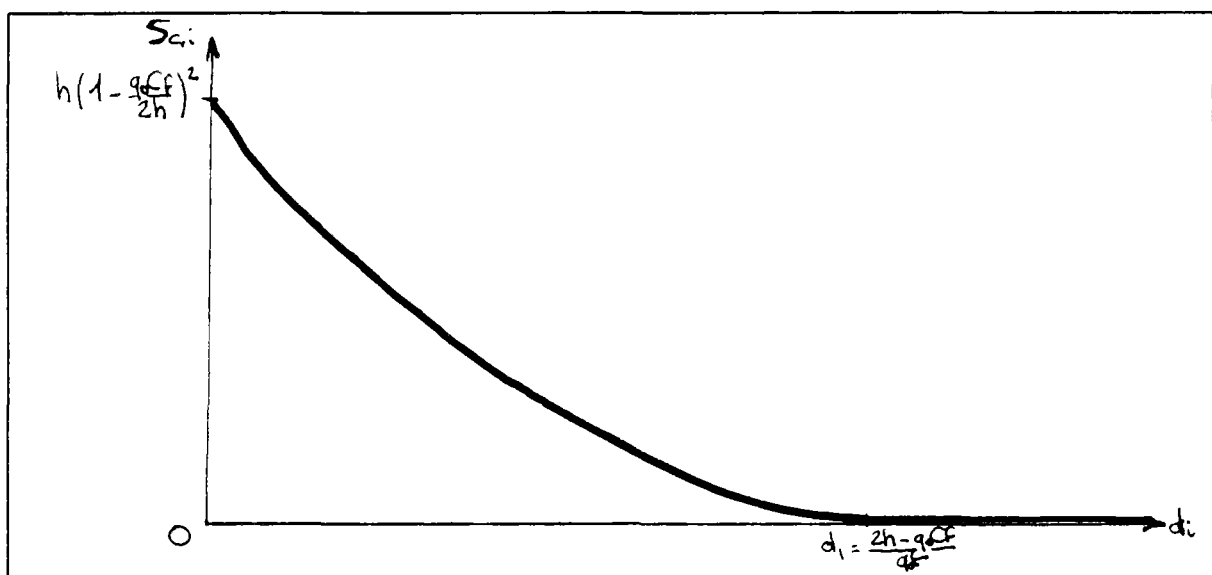


figure VIII.9 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)

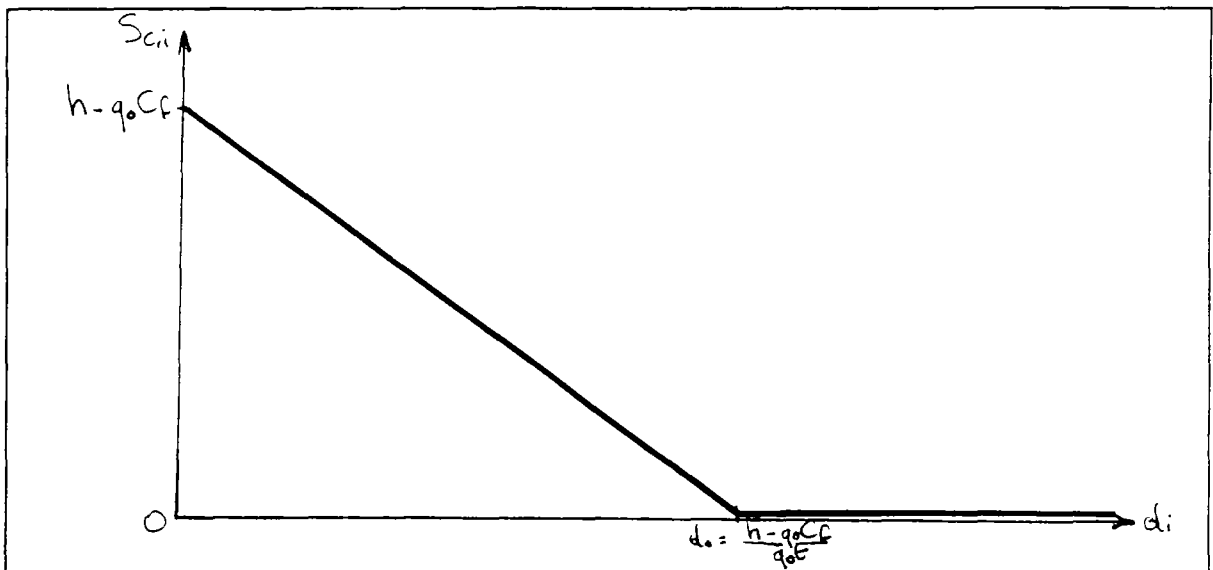


figure VIII.10 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)

2. Consommation moyenne, surplus des usagers et revenu des producteurs sur une zone donnée

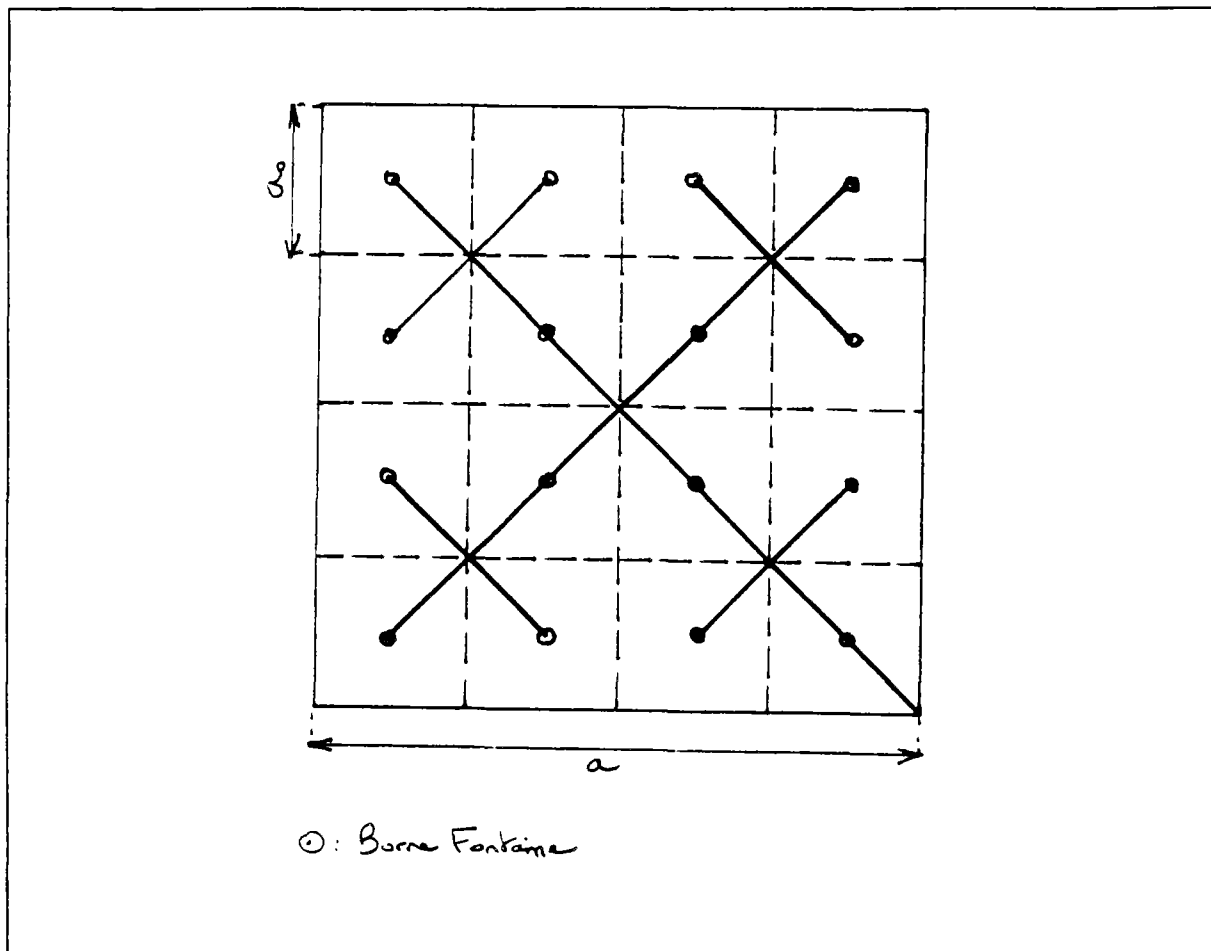
Les relations précédentes permettent de déterminer l'influence du nombre de bornes-fontaines implantées sur une zone donnée sur :

- la proportion des ménages desservis par les bornes-fontaines et de ceux utilisant exclusivement leur puits;
- la consommation moyenne en eau potable des ménages de cette zone;
- le surplus total des ménages et le revenu global des producteurs.

Derrière le terme "producteurs" sont ici confondus plusieurs opérateurs éventuellement distincts: la société distributrice et, s'il y a lieu, les concessionnaires ou fermiers exploitant les bornes-fontaines.

Soit une zone de superficie A et de population P, desservie par réseau de N points d'eau collectifs.

Dans un espace où la métrique est rectilinéaire, la zone couverte par une borne-fontaine est un carré de côté a_0^1 , et $N = A/a_0^2$. Dans les relations suivantes, on peut donc introduire le nombre de bornes-fontaines en remplaçant a_0 par $(A/N)^{1/2}$.



a. cas de la fonction d'utilité (U1)

Rappelons que: $d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t}$

¹ a_0 est le rayon de desserte de la borne-fontaine pour cette métrique: les résultats du chapitre restent identiques pour un espace euclidien en remplaçant a_0 par r_0 et $a = A^{1/2}$ par $r = (A/\pi)^{1/2}$

CONSUMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / CAS THÉORIQUE (U1)

. si $a_0 \leq d_0$:

$$\bar{q} = \left[1 - \frac{2C_f}{a_0 t} + 2 \left(\frac{C_f}{a_0 t} \right)^2 \log \left(1 + \frac{a_0 t}{C_f} \right) + \log \frac{h}{q_0 (C_f + a_0 t)} \right] \cdot q_0$$

. si $a_0 \geq d_0$:

$$\bar{q} = \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \cdot \left[1 - \frac{2C_f}{d_0 t} + 2 \left(\frac{C_f}{d_0 t} \right)^2 \cdot \log \frac{h}{q_0 C_f} \right] \cdot q_0$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / CAS THÉORIQUE (U1)

. si $a_0 \leq d_0$:

$$S_c = \frac{2Ph^3}{(q_0 a_0 t)^2} \cdot \int_{x_0 = \frac{q_0 C_f}{h}}^{x_1 = \frac{q_0 (C_f + a_0 t)}{h}} (1-x+x \log x) \cdot \left(x - \frac{q_0 C_f}{h} \right) dx$$

. si $a_0 \geq d_0$:

$$S_c = [(6 \log \alpha - 11) \alpha^3 + 18 \alpha^2 - 9 \alpha + 2] \cdot \frac{Ph}{18(q_0 a_0 t)^2}$$

où $\alpha = \frac{q_0 C_f}{h}$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / CAS THÉORIQUE (U1)

. si $a_0 \leq d_0$:

$$R_p = \left[1 - \frac{2C_f}{a_0 t} + 2 \left(\frac{C_f}{a_0 t} \right)^2 \log \left(1 + \frac{a_0 t}{C_f} \right) + \log \frac{h}{q_0 (C_f + a_0 t)} \right] \cdot C_f P q_0$$

. si $a_0 \geq d_0$:

$$R_p = \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \cdot \left[1 - \frac{2C_f}{d_0 t} + 2 \left(\frac{C_f}{d_0 t} \right)^2 \cdot \log \frac{h}{q_0 C_f} \right] \cdot C_f P q_0$$

b. cas de la fonction d'utilité (U2)

Rappelons que: $d_1 = \frac{2h - q_0 C_f}{q_0 t}$

CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

$$\begin{aligned} & .si \ a_0 \leq d_1: \\ & \bar{q} = \frac{(3d_1 - 2a_0)t}{3(d_1 t + C_f)} \cdot q_0 \\ & .si \ a_0 \geq d_1: \\ & \bar{q} = \frac{d_1^3 t}{3a_0^2(d_1 t + C_f)} \cdot q_0 \end{aligned}$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

$$\begin{aligned} & .si \ a_0 \leq d_1: \\ & S_c = \frac{6d_1^2 - 8a_0 d_1 + 3a_0^2}{12(d_1 t + C_f)} \cdot P q_0 t^2 \\ & .si \ a_0 \geq d_1: \\ & S_c = \frac{d_1^4}{12a_0^2(d_1 t + C_f)} \cdot P q_0 t^2 \end{aligned}$$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

$$\begin{aligned} & .si \ a_0 \leq d_1: \\ & R_p = \frac{3d_1 - 2a_0}{3(d_1 t + C_f)} \cdot C_f P q_0 t \\ & .si \ a_0 \geq d_1: \\ & R_p = \frac{d_1^3}{3a_0^2(d_1 t + C_f)} \cdot C_f P q_0 t \end{aligned}$$

c. cas de la fonction d'utilité (U3)

Rappel:

$$d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t}$$

CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

$$\begin{aligned} .si \ a_0 \leq d_0: \quad & \bar{q} = q_0 \\ .si \ a_0 \geq d_0: \quad & \bar{q} = \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \cdot q_0 \end{aligned}$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

$$\begin{aligned} .si \ a_0 \leq d_0: \quad & S_c = \left(d_0 - \frac{2}{3} a_0 \right) \cdot P q_0 t \\ .si \ a_0 \geq d_0: \quad & S_c = \frac{1}{3} d_0 \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \cdot P q_0 t \end{aligned}$$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

$$\begin{aligned} .si \ a_0 \leq d_0: \quad & R_p = C_f P q_0 \\ .si \ a_0 \geq d_0: \quad & R_p = \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \cdot C_f P q_0 \end{aligned}$$

C. SYSTEME BORNES-FONTAINES/LIVRAISON/PUITS PRIVATIFS

En plus du choix entre aller s'approvisionner à la borne-fontaine et puiser l'eau sur la parcelle, les ménages ont à présent la possibilité de recourir à un service de livraison à domicile.

Ainsi que nous l'avons vu, les livreurs pratiquent, sur un quartier donné et pour une technologie donnée, un tarif unitaire généralement indépendant de la distance - tant que celle-ci ne varie pas trop et n'excède pas 400 ou 500 mètres - et de la quantité livrée. Soit C_{livr} ce tarif unitaire de livraison.

Pour l'utilisateur i , le coût de desserte $C_{d,i}$ d'une quantité q_i a donc pour expression:

$$C_{d,i} = C_{livr} \cdot q_i \quad (10)$$

En rapprochant cette expression de celle de l'équation (8), on déduit que la desserte par livraison est moins "coûteuse" que la collecte d'une même quantité à la borne-fontaine si d_1 est supérieure à une distance d_2 telle que:

$$d_2 = \frac{C_{livr} - C_f}{t}$$

Une même quantité d'eau potable représentant la même utilité pour l'utilisateur, la maximisation de son surplus le conduit alors à choisir de se faire livrer plutôt qu'à se déplacer dès lors que la distance qui le sépare de la borne-fontaine excède d_2 .

1. Consommation et surplus des usagers en fonction de leur éloignement de la borne-fontaine

Rappelons que: $d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t}$ et $d_1 = \frac{2h - q_0 C_f}{q_0 t}$

S'il y a livraison, les conditions suivantes sont nécessairement remplies:

$$. d_1 \leq d_0 \text{ soit } C_{livr} \leq \frac{h}{q_0} \text{ dans les cas (U1) et (U3)}$$

$$. d_1 \leq d_1 \text{ soit } C_{livr} \leq \frac{2h}{q_0} \text{ dans le cas (U2)}$$

La résolution du problème de maximisation du surplus des usagers aboutit aux relations suivantes, pour chacune des hypothèses (U1), (U2) et (U3) relatives à la forme de la fonction d'utilité.

a. consommations individuelles d'eau potable

(U1)

$q_i = q_0 \cdot \log \frac{h/q_0}{C_f + t d_1} \quad \text{si } d_1 \leq d_2$ $q_i = q_0 \cdot \log \frac{h}{q_0 C_{livr}} \quad \text{si } d_1 \geq d_2$
--

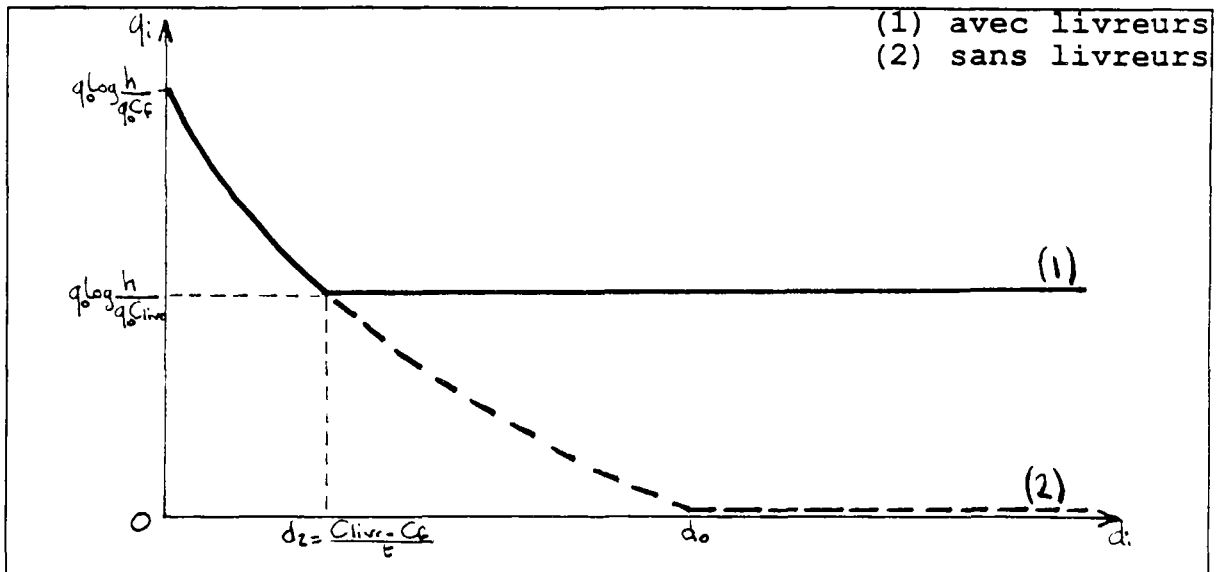


figure VIII.12 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
CAS THÉORIQUE (U1)

(U2)

$$q_i = q_0 \cdot \frac{q_0(d_1 - d_i)t}{2h} \quad \text{si } d_i \leq d_2$$

$$q_i = q_0 \cdot \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{2h}\right) \quad \text{si } d_i \geq d_2$$

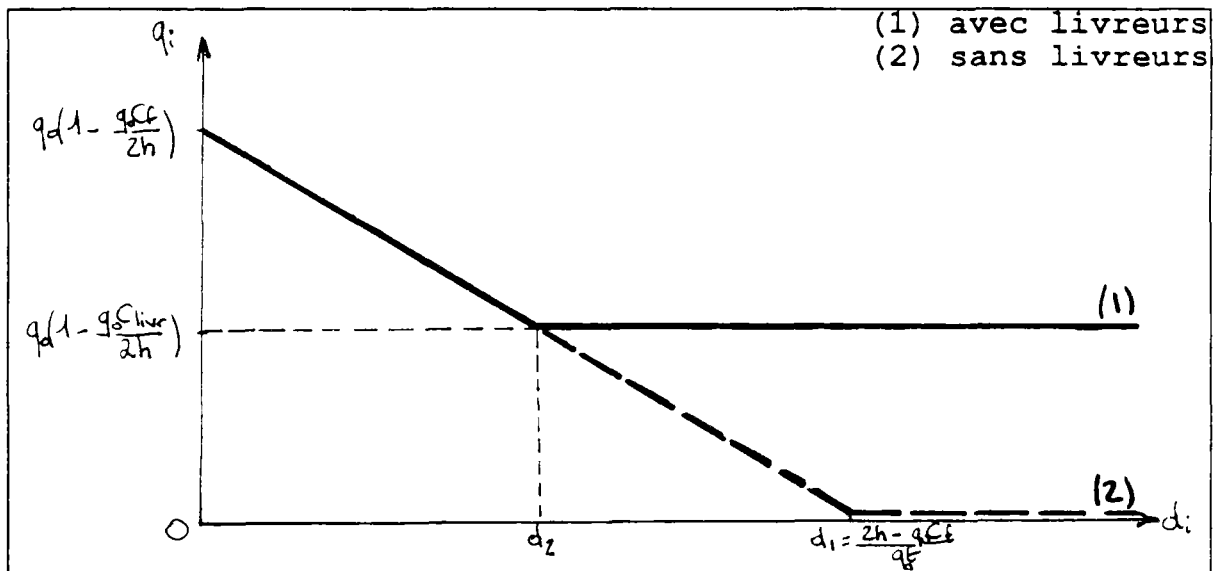


figure VIII.13 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
- CAS SIMPLIFIÉ (U2)

(U3)

$$q_i = q_0$$

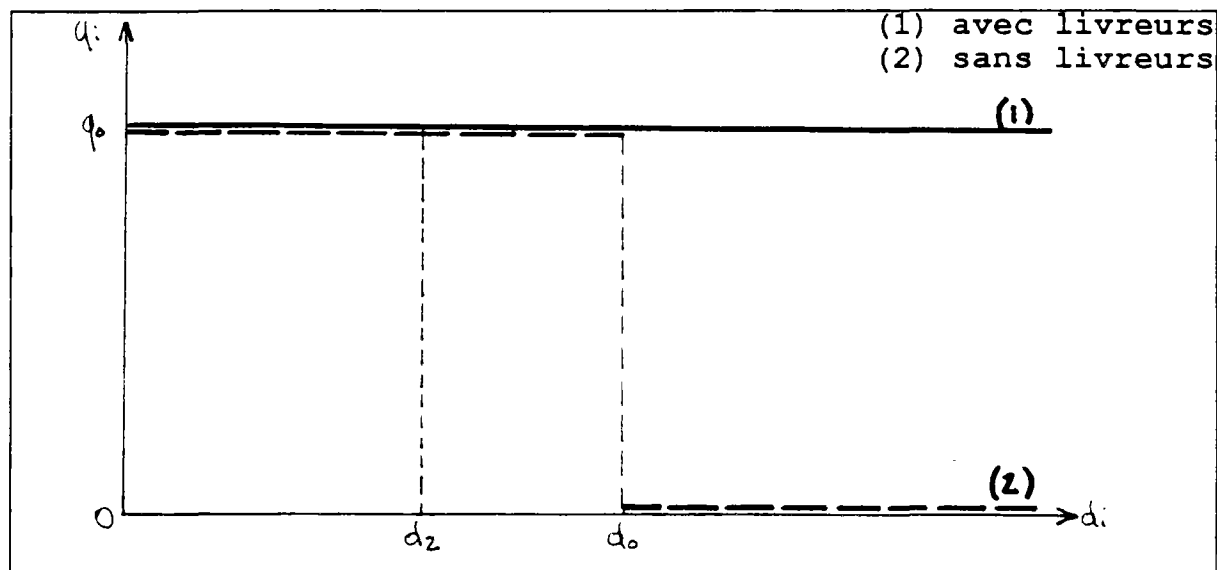


figure VIII.14 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
- CAS SIMPLIFIÉ (U3)

b. surplus individuel lié à la consommation d'eau potable

En remplaçant dans l'équation (9) l'expression du niveau de consommation individuel en fonction de l'éloignement à la borne-fontaine, on obtient les relations suivantes, liant surplus individuel et d_i :

(U1)

$$S_{c,i} = h \cdot \left(1 - e^{-\frac{q_i}{q_0}} - \frac{q_i}{q_0} e^{-\frac{q_i}{q_0}} \right) \quad \text{si } d_i \leq d_2$$

$$S_{c,i} = h \cdot \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{h} + \frac{q_0 C_{livr}}{h} \log \frac{q_0 C_{livr}}{h} \right) \quad \text{si } d_i \geq d_2$$

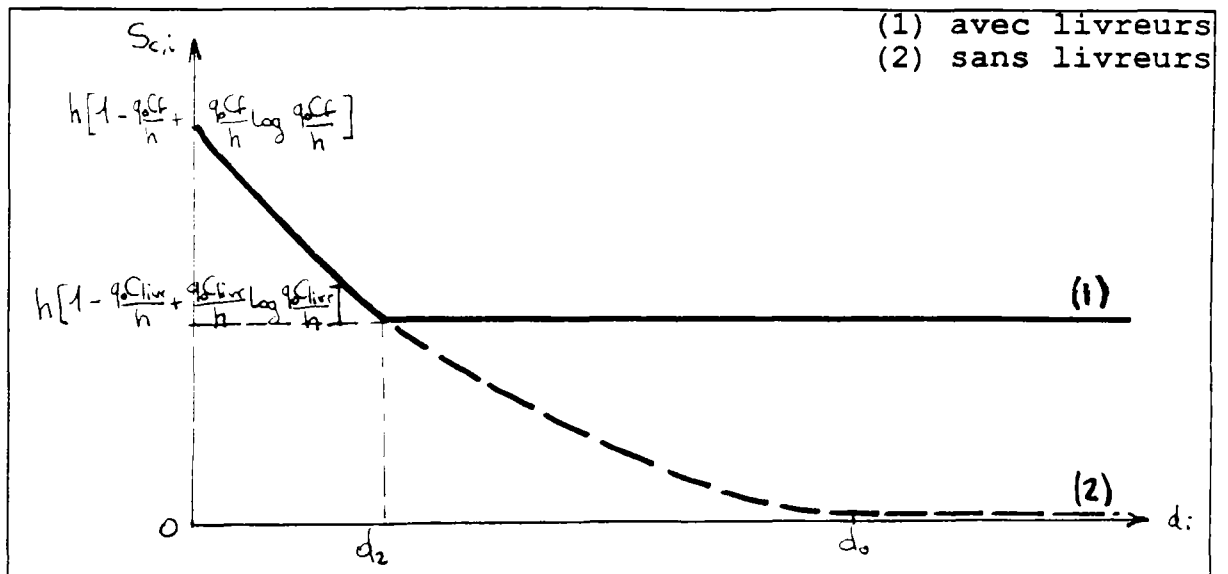


figure VIII.15 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
- CAS THÉORIQUE (U1)

(U2)

$$S_{c,i} = h \cdot \left(\frac{q_0 t (d_1 - d_i)}{2h} \right)^2 \quad \text{si } d_i \leq d_2$$

$$S_{c,i} = h \cdot \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{2h} \right)^2 \quad \text{si } d_i \geq d_2$$

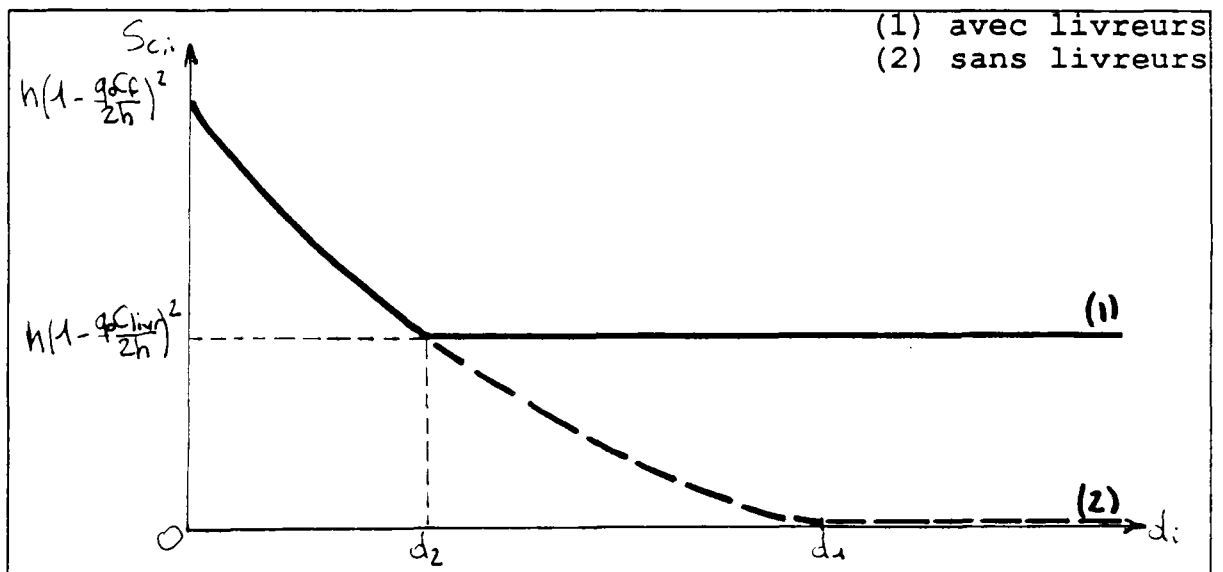


figure VIII.16 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
- CAS SIMPLIFIÉ (U2)

(U3)

$$\begin{aligned} S_{c,i} &= (d_0 - d_i) \cdot q_0 t & \text{si } d_i \leq d_2 \\ S_{c,i} &= h - q_0 C_{livr} & \text{si } d_i \geq d_2 \end{aligned}$$

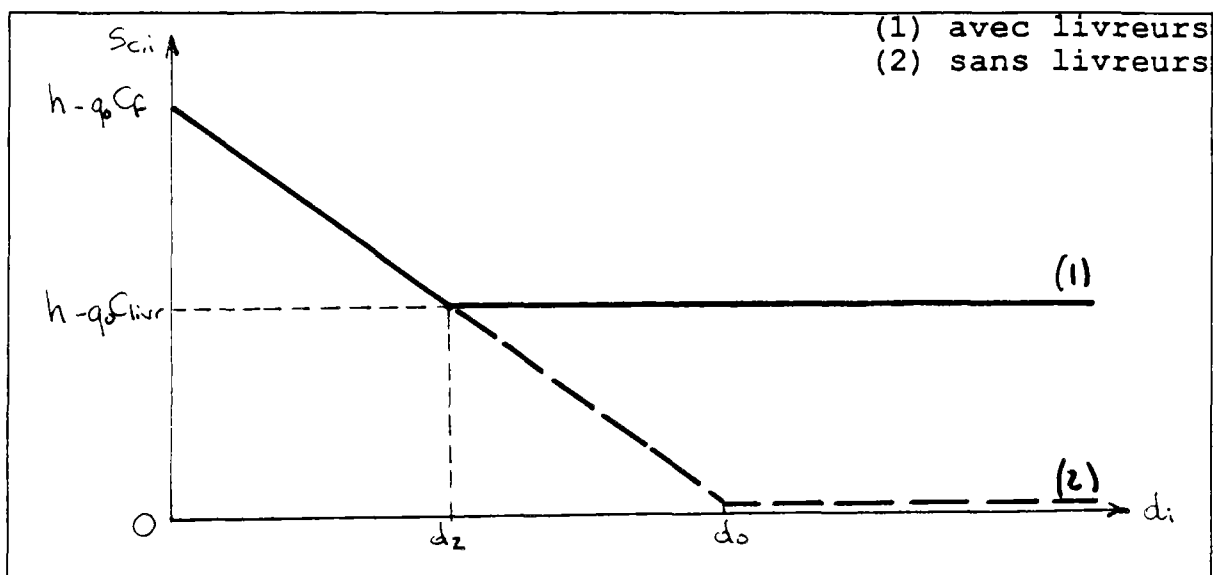


figure VIII.17 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE
- CAS SIMPLIFIÉ (U3)

2. Consommation moyenne, surplus des usagers et revenu des producteurs sur une zone donnée

Le terme "producteurs" regroupe ici, outre la société distributrice et les exploitants des bornes-fontaines, l'ensemble des producteurs du service de livraison (c'est-à-dire, par exemple, les pousseurs de charrettes mais aussi les propriétaires de celles-ci, éventuellement distincts).

La présence de livreurs impose:

- . $d_2 < \text{Inf}(d_0, a_0)$ dans les cas (U1) et (U3);
- . $d_2 < \text{Inf}(d_1, a_0)$ dans le cas (U2).

On désignera par P_1 la population s'alimentant directement aux bornes-fontaines payantes (c'est-à-dire résidant à une

distance inférieure à d_2 de celle-ci) et par P_2 la population se faisant livrer l'eau à domicile:

$$P_1 = \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 \cdot P$$

$$P_2 = \left[1 - \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 \right] \cdot P$$

Autrement dit, P_1 et P_2 représentent respectivement l'effectif des usagers du service de distribution collective et celui des usagers du service de livraison domiciliaire.

Soient \bar{q}_1 et \bar{q}_2 leur consommation moyenne respective.

a. cas de la fonction d'utilité (U1)

Rappelons que $d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t}$

CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / LIVRAISON POSSIBLE / CAS THÉORIQUE (U1)

$$\bar{q}_1 = \left[1 - \frac{2C_f}{C_{livr} - C_f} + 2 \left(\frac{C_f}{C_{livr} - C_f} \right)^2 \log \frac{C_{livr}}{C_f} + \log \frac{h}{q_0 C_{livr}} \right] \cdot q_0$$

$$\bar{q}_2 = q_0 \cdot \log \frac{h}{q_0 C_{livr}}$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS THÉORIQUE (U1)

. surplus de la population P_1 :

$$S_{c,1} = \frac{2Ph^3}{q_0^2(C_{livr} - C_f)^2} \cdot \int_{x_0 = \frac{q_0 C_f}{h}}^{x_1 = \frac{q_0 C_{livr}}{h}} (1 - x + x \log x) \cdot \left(x - \frac{q_0 C_f}{h} \right) dx$$

. surplus de la population P_2 :

$$S_{c,2} = \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{h} + \frac{q_0 C_{livr}}{h} \log \frac{q_0 C_{livr}}{h} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 \right] \cdot Ph$$

. surplus total: $S_c = S_{c,1} + S_{c,2}$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS THÉORIQUE (U1)

$$\begin{aligned} \cdot R_{p,1} &= \left[\left(1 - \frac{2C_f}{C_{livr} - C_f} + 2 \frac{C_f^2}{(C_{livr} - C_f)^2} \log \frac{C_{livr}}{C_f} \right) \cdot \frac{d_2^2}{a_0^2} + \log \frac{h}{q_0 C_{livr}} \right] \cdot C_f P q_0 \\ \cdot R_{p,2} &= \left[1 - \left(\frac{d_0}{a_0} \right)^2 \right] \cdot \log \frac{h}{q_0 C_{livr}} \cdot (C_{livr} - C_f) \cdot P q_0 \end{aligned}$$

$R_{p,1}$ représente le **revenu global des producteurs du service collectif**, c'est-à-dire de la société distributrice et, le cas échéant, des gestionnaire(s) des bornes-fontaines payantes; tandis que $R_{p,2}$ représente le **revenu global des producteurs du service domiciliaire** (pousseurs et propriétaires de charrettes par exemple).

b. cas de la fonction d'utilité (U2)

Rappelons que $d_1 = \frac{2h - q_0 C_f}{q_0 t}$

CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

$$\begin{aligned} \cdot \bar{q}_1 &= \frac{(3d_1 - 2d_2)t}{3(d_1 t + C_f)} \cdot q_0 \\ \cdot \bar{q}_2 &= \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{2h} \right) \cdot q_0 \end{aligned}$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

$$S_c = \left[6(d_1 - d_2)^2 + \frac{d_2^3(4d_1 - 3d_2)}{a_0^2} \right] \cdot \frac{P q_0^2 t^2}{24h}$$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U2)

.Producteurs du service collectif:

$$R_{p,1} = \left[(C_{livr} - C_f)^3 + 3(a_0 t)^2 \left(\frac{2h}{a_0} - C_{livr} \right) \right] \cdot \frac{C_f P q_0^3}{6h(a_0 t)^2}$$

.Producteurs du service domiciliaire:

$$R_{p,2} = (C_{livr} - C_f) \cdot \left(1 - \frac{d_2^2}{a_0^2} \right) \cdot \left(1 - \frac{q_0 C_{livr}}{2h} \right) \cdot P q_0$$

c. cas de la fonction d'utilité (U3)

Rappel: $d_0 = \frac{h - q_0 C_f}{q_0 t}$

CONSOMMATION MOYENNE DES MÉNAGES / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

$$\bar{q} = q_0$$

SURPLUS TOTAL DES USAGERS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

.Surplus des usagers du service collectif:

$$S_{c,1} = \left(d_0 - \frac{2}{3} d_2 \right) \cdot P q_0 t$$

.Surplus des usagers du service domiciliaire:

$$S_{c,2} = d_0 \left[1 - \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 \right] \cdot P q_0 t$$

.Surplus total des usagers:

$$S_c = \left[2 + \left(1 - \frac{q_0 C_f}{h} \right) \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 - 2 \frac{q_0 C_{livr}}{3h} - \frac{4 q_0 C_f}{3h} \right] \cdot P h$$

REVENU GLOBAL DES PRODUCTEURS / LIVRAISON POSSIBLE / CAS SIMPLIFIÉ (U3)

.Producteurs du service collectif:

$$R_{p,1} = C_f P q_0$$

.Producteurs du service domiciliaire:

$$R_{p,2} = \left[1 - \left(\frac{d_2}{a_0} \right)^2 \right] \cdot (C_{livr} - C_f) \cdot P q_0$$

D. APPLICATIONS

A condition d'en effectuer le calage, les modèles développés ici peuvent être utilisés comme des outils d'analyse économique, tant à des fins de prévision que d'optimisation.

1. Recherche d'un optimum économique

Les modèles présentés fournissent l'outil de base d'aide à l'optimisation économique. La maximisation du surplus des consommateurs et des producteurs est en effet le critère courant de l'économie du bien-être.

Théoriquement, l'existence d'un optimum global en termes de tarif et de répartition des points d'eau collectifs n'est pas assurée, ni même celle d'une répartition optimale à tarif donné. Il manque en effet aux modèles analytiques précédents celui du coût de production du service en fonction des tarifs de vente et de l'espacement entre points d'eau.

Elle n'est pas exclue non plus car le surplus global des producteurs et des consommateurs est la somme d'une fonction décroissante de l'espacement entre points d'eau (Revenu des producteurs R_p + Surplus des ménages S_c) et d'une fonction croissante (celle de coût de production du service).

Dans les cas des fonctions d'utilité simplifiées (U2) et (U3), on peut néanmoins indiquer quelques résultats importants dans la recherche d'un optimum²

a. cas de la fonction d'utilité (U2)

A rayon de desserte constant:

$$\left(\frac{\partial R_p}{\partial C_f} \right)_{a_0} = \left(\frac{3h}{q_0} - 3C_f - a_0 t \right) \cdot \frac{Pq_0^2}{3h} \quad \text{si } C_f \leq \frac{2h}{q_0} - a_0 t$$

¹ par répartition, nous entendons la donnée du rayon de desserte a_0 ou bien de N , nombre de BF sur une zone d'aire donnée.

² dans le cas de la fonction d'utilité théorique (U1), la complexité du calcul analytique plaide pour une résolution numérique

$$\left(\frac{\partial R_p}{\partial C_f}\right)_{a_0} = \left(\frac{2h}{q_0} - C_f\right)^2 \cdot \left(\frac{h}{q_0} - 2C_f\right) \cdot \frac{Pq_0^2}{3h(a_0t)^2} \quad \text{si } C_f \geq \frac{2h}{q_0} - a_0t$$

On en déduit que:

. si $a_0 \leq \frac{3h}{2q_0t}$, R_p est maximal pour $C_f = \frac{h}{q_0} - \frac{a_0t}{3}$ et vaut:

$$R_{p,\max} = \left(3 - \frac{q_0 a_0 t}{h}\right) \left(1 - \frac{q_0 a_0 t}{3h}\right) \cdot \frac{Ph}{6} ;$$

. si $a_0 \geq \frac{3h}{2q_0t}$, R_p est maximal pour $C_f = \frac{h}{2q_0}$ et vaut:

$$R_{p,\max} = \frac{9Ph^3}{32(q_0 a_0 t)^2} ;$$

Par ailleurs, $\left(\frac{\partial R_p}{\partial a_0}\right)_{C_f} < 0$. On en déduit donc le tableau VIII.1

ci-après, où figurent, en fonction des valeurs de a_0 :

- l'expression du tarif C_f optimal du point de vue des producteurs, c'est-à-dire le tarif $C_{f,\text{opt}}$ qui maximise R_p ;

- l'expression $R_{p,\max}$ du revenu correspondant;

- l'expression de la distance d_1 à partir de laquelle les ménages n'utilisent plus les bornes-fontaines;

- les sens de variation des trois grandeurs précédentes: $C_{f,\text{opt}}$, $R_{p,\max}$ et d_1 .

Pour éviter enfin que des ménages boivent l'eau de leur puits privatif¹, on peut raisonnablement imposer que a_0 demeure inférieure à d_1 .

L'examen du tableau VIII.1 montre alors que le revenu des producteurs peut être optimisé en tenant compte de cette condition si l'on prend la peine de choisir a_0 inférieure à $3h/2q_0t$.

¹ le surcoût dû à l'impact sur la santé (il s'agit d'une externalité) en serait sans doute inacceptable

tableau VIII.1 TARIF DE REVENTE MAXIMISANT LE REVENU DES PRODUCTEURS / CAS DE LA FONCTION D'UTILITE (U2)

a_0	0	$\frac{3h}{2q_0 t}$	a
$C_{f, \text{opt}}$	$\frac{h}{q_0}$	$\frac{h}{q_0} - \frac{a_0 t}{3}$	$\frac{h}{2q_0}$
R_p	$\frac{Ph}{2}$	$\left(3 - \frac{q_0 a_0 t}{h}\right) \left(1 - \frac{q_0 a_0 t}{3h}\right) \cdot \frac{Ph}{6}$	$\frac{Ph}{8}$
d_1	$\frac{h}{q_0 t}$	$\frac{h}{q_0 t} + \frac{a_0}{3}$	$\frac{3h}{2q_0 t}$

b. cas de la fonction d'utilité (U3)

A rayon de desserte constant:

$$\left(\frac{\partial R_p}{\partial C_f}\right)_{a_0} = Pq_0 \quad \text{si } C_f \leq \frac{2h}{q_0} - a_0 t$$

$$\left(\frac{\partial R_p}{\partial C_f}\right)_{a_0} = \left(\frac{h}{q_0} - 3C_f\right) \cdot \frac{Pq_0 d_0}{a_0^2 t} \quad \text{si } C_f \geq \frac{2h}{q_0} - a_0 t$$

On en déduit que:

. si $a_0 \leq \frac{2h}{3q_0 t}$, R_p est maximal pour $C_f = \frac{h}{q_0} - a_0 t$ et vaut:

$$R_{p, \text{max}} = \left(\frac{h}{q_0} - a_0 t\right) \cdot Pq_0 ;$$

. si $a_0 \geq \frac{2h}{3q_0 t}$, R_p est maximal pour $C_f = \frac{h}{3q_0}$ et vaut:

$$R_{p,\max} = \frac{4Ph^3}{27(q_0 a_0 t)^2} ;$$

tableau VIII.2 TARIF DE REVENTE MAXIMISANT LE REVENU DES PRODUCTEURS / CAS DE LA FONCTION D'UTILITE (U3)

a_0	0	$\frac{2h}{3q_0 t}$	a
$C_{f,\text{opt}}$	$\frac{h}{q_0}$	$\frac{h}{q_0} - a_0$	$\frac{h}{3q_0}$
R_p	Ph	$\left(\frac{h}{q_0} - a_0 t\right) P q_0$	$\frac{Ph}{3}$
d_1	0	a_0	$\frac{2h}{3q_0 t}$

De même que précédemment $\left(\frac{\partial R_p}{\partial a_0}\right)_{C_f} < 0$, et l'on en déduit donc le

tableau VIII.2 ci-dessus, où figurent, en fonction des valeurs de a_0 :

- l'expression du tarif C_f optimal du point de vue des producteurs, c'est-à-dire le tarif $C_{f,opt}$ qui maximise R_p ;
- l'expression $R_{p,max}$ du revenu correspondant;
- l'expression de la distance d_0 à partir de laquelle les ménages n'utilisent plus les bornes-fontaines;
- les sens de variation des trois grandeurs précédentes: $C_{f,opt}$, $R_{p,max}$ et d_1 .

De même que précédemment, si l'on impose que a_0 doit demeurer inférieure à d_0 , l'examen du tableau VIII.2 montre que le revenu des producteurs peut être optimisé si l'on prend la peine de choisir a_0 inférieure à $2h/3q_0t$.

2. Exemple d'application: le système redistributif de Ouagadougou

Les observations et comptages réalisés aux points d'eau collectifs lors de notre mission de 86¹ sur deux secteurs de la capitale burkinabè nous permettent de dégager le cas-type d'une borne-fontaine payante délivrant 38 m³ par jour (dont 10% de pertes) à une population de 600 ménages (soit 2 400 habitants), située dans un rayon d'environ 200 mètres. Le quart de la population s'approvisionne directement à la borne-fontaine, où l'eau lui était tarifée à 125 Frs CFA/m³ environ, tandis que les trois quarts préfèrent se faire livrer un fût à domicile par l'un des 18 porteurs au tarif de 625 Frs CFA/m³ (soit 5 fois plus cher).

Les consommations moyennes des premiers et des seconds sont respectivement de 28 et 10 litres par jour et par habitant.

Si l'on suppose que le volume d'eau prélevé par les usagers directs de la borne-fontaine décroît linéairement en fonction de la distance qui les sépare de celle-ci², on montre, à partir des relations et modèles établis précédemment que:

- la distance d'indifférence, ou distance à partir de laquelle un ménage choisit de se faire livrer plutôt que d'aller directement s'approvisionner à la BF, est de 100 mètres environ;

¹ BEDEK, ibid, pages 60 et suivantes

² l'hypothèse est donc celle d'une fonction d'utilité des ménages de type (U2)

- le coût équivalent du transport pour l'utilisateur de la BF est de 5 Frs CFA/m³/m (ou 25 Frs CFA pour 2 seaux de 20 litres transportés sur 100 mètres);
- l'utilité maximale associée à la consommation d'eau potable est de 28 Frs CFA/jour/hab^e pour une consommation quotidienne de 79 litres par habitant;
- **le surplus total des livreurs (et des propriétaires de charrettes) est deux fois plus élevé que le revenu total des producteurs du service collectif (ONEA + exploitants de la BF) et trois fois plus élevé que le surplus total des consommateurs;**
- **s'il n'y avait pas de livreurs, les habitants résidant à plus de 120 mètres de la borne-fontaine la plus proche (soit les deux-tiers de la population) n'utiliseraient pas celle-ci: ils ne consommeraient que l'eau de leur puits privatif, alors que la présence des livreurs leur permet une consommation de 10 litres par jour et par habitant, au moins suffisante pour les besoins en eau de boisson;**
- dans ce cas, le surplus global des 2 400 habitants serait inférieur d'environ 20% à celui de la situation actuelle et le revenu des producteurs serait réduit de près de 40%;
- **s'il n'y avait pas de livreurs et que l'on veuille assurer pour tous la même dotation minimale en eau potable (10 litres/j/hab^e), la société distributrice devrait implanter 4 fois plus de bornes-fontaines;**
- en dépit du surcoût que cela représenterait à l'investissement, **le bénéfice de l'ONEA et des gérants des BF serait vraisemblablement bien supérieur puisque leur revenu serait multiplié par deux environ.**

En revanche, la perte de revenu due à la suppression des livreurs ne serait qu'à peine compensée. Du point de vue de l'emploi, par ailleurs, la création de quelques postes que la gestion des BF supplémentaires imposerait à l'ONEA ne peut guère être mise en balance avec la perte des quelque 2 000 emplois de pousseurs de charrette.

Quant au surplus des consommateurs, il serait globalement multiplié par 3 (et par 12 pour les 3/4 des ménages se faisant livrer à domicile).

Par contre, le revenu par borne-fontaine, ayant substantiellement baissé, ne permettrait peut-être plus l'emploi des fontainiers nécessaires.

CONCLUSION

Les modèles développés ici constituent une première tentative de mise au point d'outils analytiques de prévision de la **demande de service redistributif**, que celui-ci soit **collectif** (bornes-fontaines payantes) ou **domiciliaire** (livraison à domicile). Ils permettent d'en mesurer la sensibilité aux paramètres de décision que sont le tarif de revente et le nombre de bornes-fontaines installées et de prendre en compte l'approvisionnement en eau par puits privés.

Ils ne deviennent opérationnels que lorsque l'on dispose de données permettant de caler les fonctions d'utilité des ménages. Ce processus de calage s'effectue dans le sens inverse de celui employé ici dans la construction théorique: des enquêtes-ménages déterminent dans un premier temps, par ajustement à l'une des 3 fonctions obtenues ci-avant¹, la relation $q_i = q_i(d_i)$ liant la consommation spécifique en eau potable d'un ménage à son éloignement à la borne-fontaine. Puis on en déduit les paramètres de la fonction d'utilité dont découle cette relation. Suivant que la fonction d'utilité la mieux adaptée est (U1), (U2) ou (U3), on peut alors utiliser les modèles correspondants de consommation moyenne, de revenu des producteurs et de revenu des consommateurs.

La distance n'est pas le seul élément susceptible d'influencer le ménage dans le choix de son mode d'approvisionnement²:

- d'autres *contraintes physiques* peuvent intervenir, comme le relief, la présence d'accidents topographiques ou d'obstacles divers au cheminement. En général, ces contraintes peuvent être prises en considération dans les modèles par le choix d'une métrique et de coûts unitaires de transport appropriés³;

- la disponibilité de main d'oeuvre familiale est évidemment une condition nécessaire au transport de l'eau depuis la borne-fontaine. Cependant, même disponible, cette main d'oeuvre sera plus ou moins volontiers affectée à cette tâche. *Attitudes normatives et habitudes culturelles* jouent là un

¹ voir supra B.1.a pages 265 et 266 et C.1.a pages 274 à 276

² même limité aux trois modes envisagés ici: BF, puits privés et livraison à domicile

³ voir par exemple note sur prise en compte du relief, supra page 261

rôle primordial. Dans tel cas, par exemple, les femmes sortent le moins souvent possible -l'Islam domine- et l'on préférera se faire livrer l'eau. Ailleurs, au contraire, la "corvée d'eau" est en réalité un moment privilégié pendant lequel les femmes bavardent et font le programme de la journée, une occasion de rencontres et d'échange. Au-delà de la variabilité inter-individuelle que l'on ne peut que difficilement prendre en compte sans alourdir considérablement les modèles, un terme constant positif, indépendant des distances et des volumes, peut être introduit dans l'expression du coût d'accès pour traduire une certaine *préférence de la population au service domiciliaire*. A contrario, un terme constant négatif exprimera une certaine *préférence au déplacement*. Dans un cas comme dans l'autre, néanmoins, la plupart des modèles ne s'en trouvent pas¹ ou peu modifiés formellement puisque, leur construction reposant sur le principe de la maximisation du surplus des usagers, ces termes sont amenés à disparaître par dérivation du coût d'accès.

L'introduction de la distance enrichit donc beaucoup l'analyse économique de la demande en lui ouvrant le champ des systèmes redistributifs et autonomes. Elle permet de se doter d'outils de planification et d'optimisation aptes à prendre en compte tant les relations de concurrence / complémentarité entre les divers modes d'approvisionnement des ménages à faibles revenus, que les rapports coûts-distances qui les caractérisent et qui déterminent les comportements de la majorité de ces ménages.

¹ les distances d'indifférence, consommations individuelles et moyennes et le revenu des producteurs dans le cas du système bornes-fontaines/puits

chapitre IX. LE PHASAGE OPTIMAL DES RESEAUX DE DISTRIBUTION

A. POSITION DU PROBLEME ET METHODOLOGIE

1. La notion d'horizon de conception optimal

Supposons que le niveau de service visé par le réseau de distribution à construire requière seulement une configuration ramifiée. Une économie importante sera réalisée puisque le coût total de l'investissement par habitant d'un approvisionnement par BF est en moyenne trois fois moins élevé que celui d'un approvisionnement par branchements particuliers¹. Néanmoins, avec l'augmentation de la consommation totale et la progression de la demande solvable pour un niveau de service domiciliaire, la capacité de ce réseau peut fort bien se révéler insuffisante et une densification nécessaire avant la fin de l'horizon de planification.

D'autre part, l'urbanisation de la zone à desservir peut amener à prévoir, également avant la fin de l'horizon de planification, des travaux d'extension du réseau initial.

Souvent, et de façon erronée, on choisira de calibrer les canalisations de façon à répondre aux besoins ultimes de l'horizon de planification, correspondant plus ou moins à la fin de leur durée utile de vie. Ainsi, les travaux à effectuer d'ici 20 ou 30 ans ne consisteront qu'en des travaux d'extension du réseau initial.

Cette pratique résulte de la confusion entre durée de vie utile et horizon de conception.

Dans la plupart des cas, en effet, l'horizon de conception optimal diffère de la durée de vie du fait de l'effet d'économie d'échelle. Pour les canalisations comme pour les autres équipements d'un réseau d'adduction d'eau potable, les coûts unitaires décroissent lorsque la capacité augmente. En d'autres termes, la question se pose de savoir si l'on doit

¹ BANQUE MONDIALE Approvisionnement en eau et évacuation des déchets, Série Pauvreté et Besoins essentiels, Paris, 1980, p. 17

construire l'ouvrage directement pour sa capacité finale, ou en plusieurs étapes de capacité réduite. Bien que de gros ouvrages aient l'avantage de l'économie d'échelle, des ajoutes réduites requièrent des investissements initiaux moindres. En tenant compte des économies d'échelle associées à de grandes unités, et des économies en valeur actualisée résultant de l'échelonnement de plus petites unités, on parvient à une série optimale d'investissements produisant la moindre valeur actualisée des coûts.

2. Les différentes alternatives possibles

Différentes alternatives doivent être considérées et évaluées:

ALTERNATIVE 1

Le réseau de première phase est dimensionné suivant les besoins prévus pour la fin de l'horizon de planification (T). A la date t ($t < T$), les travaux consisteront donc en la pose de canalisations d'extension et/ou de densification, sans qu'il soit nécessaire de modifier celles du réseau de première phase. Celui-ci est donc surdimensionné pour la première phase.

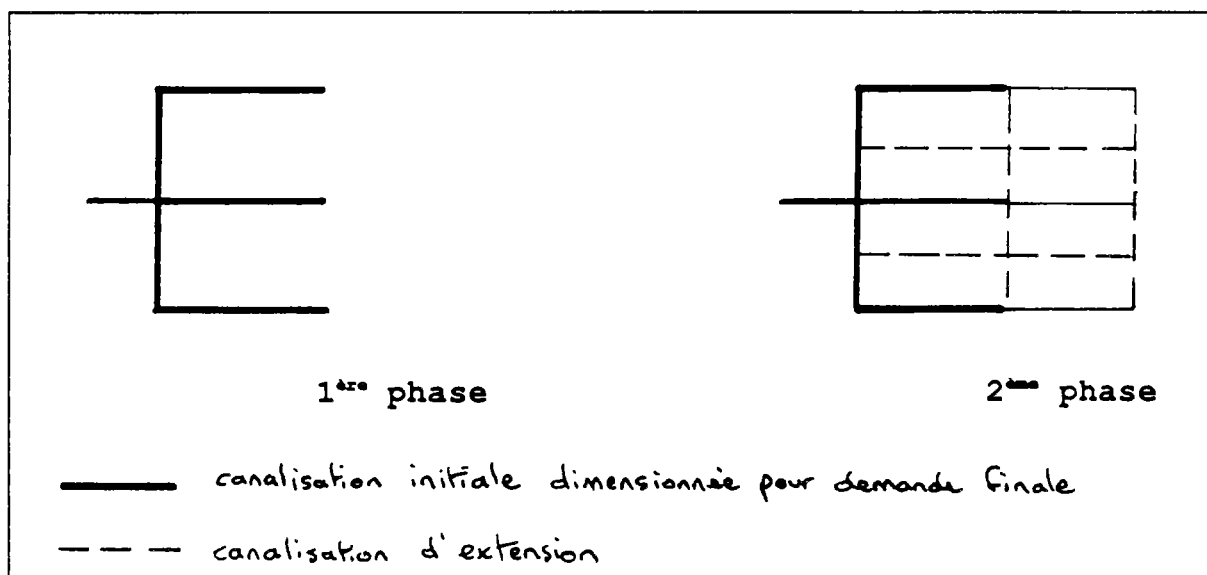


figure IX.1 RESEAUX DE PREMIERE ET DE SECONDE PHASE
ALTERNATIVE 1

ALTERNATIVE 2

Le réseau construit à la date $t=0$ est dimensionné pour les besoins prévus à une échéance t inférieure à l'horizon de planification T . A cette date t , ce réseau de première phase ne suffit plus à la satisfaction des besoins et l'on doit choisir l'une des alternatives suivantes:

ALTERNATIVE 2a

Les canalisations du réseau de première phase dont le diamètre est devenu insuffisant à la date t sont doublées en parallèle par de nouvelles canalisations dimensionnées pour satisfaire les besoins additionnels de seconde phase.

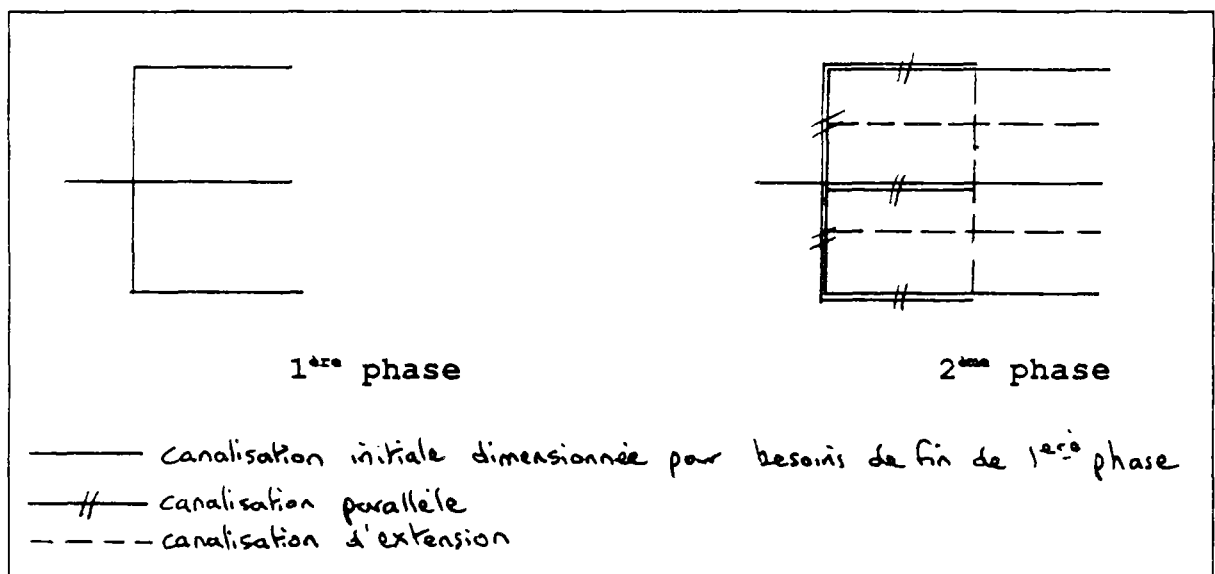


figure IX.2 RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE
ALTERNATIVE 2a

ALTERNATIVE 2b

Les canalisations du réseau de première phase dont le diamètre est devenu insuffisant à la date t sont remplacées par des canalisations de diamètre supérieur, dimensionnées en fonction des besoins totaux de fin de seconde phase (date T).

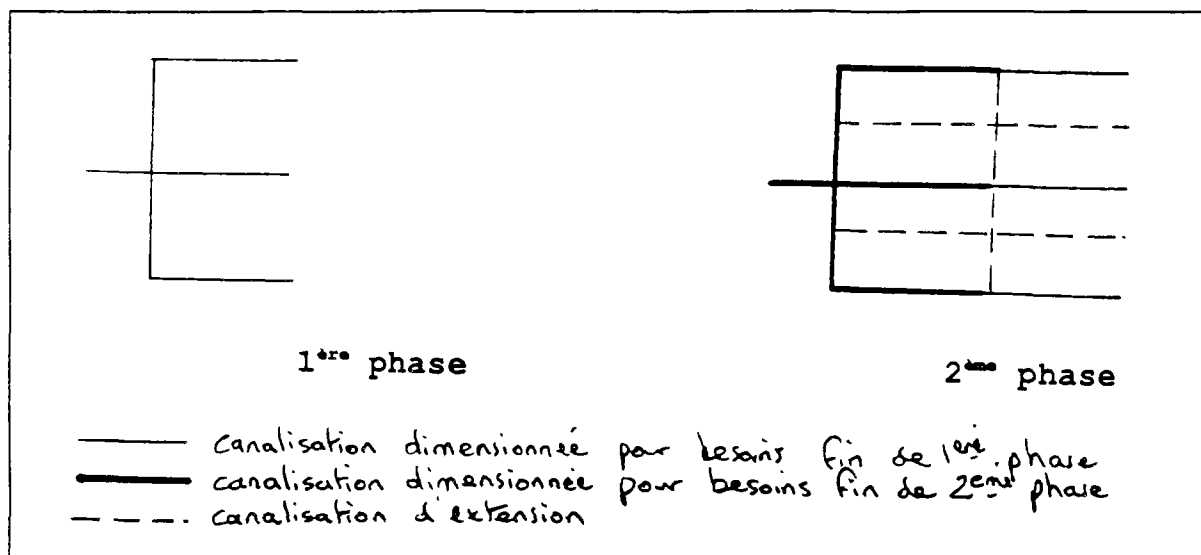


figure IX.3 RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE
ALTERNATIVE 2b

ALTERNATIVE 2c

De nouveaux chemins sont choisis à la date t pour l'emplacement des canalisations primaires: celles du réseau de première phase deviennent des canalisations secondaires. Cette alternative se justifie lorsque de nouveaux axes de développement urbains privilégiés sont apparus lors de la première phase.

La décision d'installer une conduite maîtresse ceinturant tout ou partie de l'agglomération urbaine peut se ramener également à cette alternative.

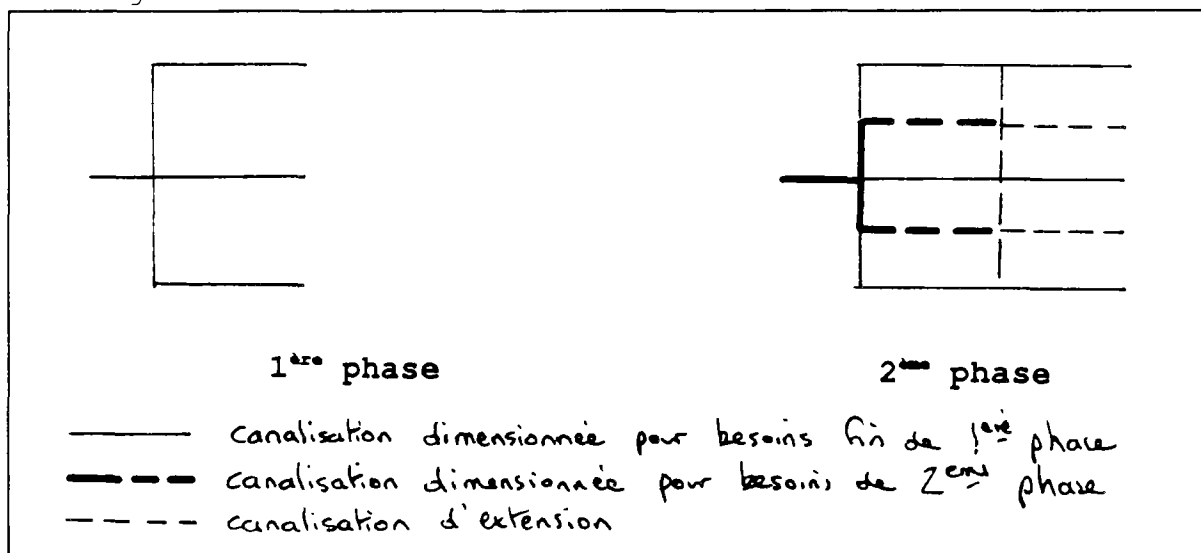


figure IX.4 RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE
ALTERNATIVE 2c

Il s'agit, dans une perspective dynamique et sous diverses hypothèses d'évolution des deux données que sont la population et l'aire de la zone à desservir, d'identifier le dimensionnement du réseau minimisant les coûts actualisés totaux (réseau initial + extensions) de construction et de maintenance.

3. L'état de l'art

Les recherches en ce sens ont été peu nombreuses.

En 1969, SCHAAKE et LAI présentaient un premier modèle de dimensionnement des réseaux de distribution combinant programmation linéaire et dynamique¹.

Dans leur étude, la programmation dynamique détermine les intervalles de temps séparant les investissements en canalisations alors qu'un programme linéaire détermine le projet de réseau optimal pour une période donnée.

Dans leur formulation, les diamètres sont les variables de décision, traitées comme des variables continues, ce qui exige d'arrondir le diamètre donné par la solution optimale au diamètre immédiatement supérieur disponible dans le commerce.

LEKANE, HELLEMANS et WHITWAM ont présenté en 1980 une méthode d'optimisation utilisant la programmation linéaire pour concevoir un réseau évolutif fait de canalisations, de pompes et de valves de réduction de pression. Les décisions d'investissement sont déterminées de façon à minimiser les coûts actualisés de construction. Les choix des longueurs de canalisations de diamètre donné devant équiper telle ou telle branche permet la formulation du problème d'investissement dynamique par un programme linéaire à plusieurs étapes².

La méthode a une approche semblable à celle du programme linéaire à une seule étape élaboré par AUSTIN et ROBINSON en

¹ SCHAAKE J.C., LAI F. Linear Programming and Dynamic Programming Application to Water Distribution Network Design, Hydrodynamics Lab., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Report n 116, 1969

² LEKANE T.M., HELLEMANS D.E., WHITWAM C.M. Long-term Optimization Model of Tree Water Networks, In European Journal of Operations Research, Vol. 4, n 1, 1980

1976¹ pour des réseaux ramifiés, mais, au lieu d'imposer un ensemble fixe de demandes nodales, celles-ci peuvent augmenter dans le temps.

HEBERT et LAURIA étudient quant à eux, dans un rapport Banque Mondiale de 1980², le phasage des réseaux de distribution projetés sur deux zones urbaines (l'une au Brésil, l'autre en Indonésie) et testent plusieurs dates d'extension du réseau pour obtenir celle qui minimise les coûts totaux actualisés de construction, extension et maintenance.

Ces recherches fournissent des modèles dynamiques de dimensionnement optimal, mais, à notre connaissance, **aucune des recherches effectuées jusqu'à présent ne s'est proposée d'élaborer un modèle général de choix de l'alternative optimale, des dates et capacités optimales d'expansion du système en fonction du taux d'actualisation, de la progression de la demande et de la fonction de coût considérée pour les canalisations.** On sait seulement que la solution du surdimensionnement en première phase (correspondant à l'alternative 1) est d'autant plus favorisée que:

- le taux d'actualisation est faible;
- la progression de la demande (donc, en particulier, le taux d'accroissement démographique) est faible;
- l'économie d'échelle par rapport au diamètre moyen du réseau est grande.

On pourrait croire, à la lecture de certains documents, que le problème peut être résolu simplement par changement de variable dans la fonction de coût: classiquement exprimée en fonction du diamètre, elle peut s'écrire comme une fonction de la capacité de la conduite en utilisant la formule de Darcy-Weisbach ou toute autre formule liant débits et pertes de charge. C'est la méthode adoptée par exemple par G. YEPES dans ses Notes de Cours de la Banque Mondiale³. Ainsi

¹ AUSTIN T.A., ROBINSON R.B. Cost Optimization of Rural Water Systems, In Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers, H.Y. 8, 1976

² LAURIA D.T., KOLSKY P., HEBERT P.V., MIDDLETON R. Design of Low Cost Water Supply Distribution Systems, Banque Mondiale, 1980

³ INSTITUT DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE Notes de Cours: Analyse de Moindre Coût Economique, Série Documents d'Etude, BIRD, 1982, 34p, pp 9 et suivantes

parvenu à une fonction de coût de la forme $K.Q^\alpha$, où α est le facteur d'économie d'échelle, il suppose ensuite que la demande suit une loi de progression arithmétique ou géométrique dans le temps et recherche dans chacun de ces cas la période x qui minimise le coût total actualisé (CTA) des travaux réalisés aux années $x, 2x, 3x, \dots, nx$.

Il serait faux de croire le problème résolu pour autant. Cette méthode n'a en effet de pertinence que pour des ouvrages dont le coût peut s'exprimer sous la forme $K.Q^\alpha$. Si tel est le cas d'une canalisation, **ceci est généralement faux pour un réseau de canalisations**, comme le prouvent les modèles statistiques de LAURIA, KOLSKY et al. ou les modèles analogues que nous avons développés dans ce chapitre.

LAURIA, KOLSKY et al.¹ ont en effet montré, à partir d'une analyse statistique sur un grand nombre de projets, que le diamètre moyen \bar{D} et la longueur totale L d'un réseau (après optimisation de son dimensionnement) peuvent être prédits avec une bonne approximation par des modèles de la forme:

$$L = A_0 \cdot X_1^{A1} X_2^{A2} X_3^{A3} \dots$$

$$\text{et } \bar{D} = B_0 \cdot Y_1^{B1} Y_2^{B2} Y_3^{B3} \dots$$

où X_1, X_2, X_3 , etc. et Y_1, Y_2, Y_3 , etc. sont les variables de décision indépendantes pour la grandeur modélisée². Les auteurs en déduisent, en remplaçant \bar{D} et L par les expressions ci-dessus dans la fonction de coût unitaire d'un réseau (de la forme $C_{\text{tot}}/L = K\bar{D}$), le modèle de coût³ suivant pour un réseau de canalisations:

$$C_{\text{can}} = 47,4 N^{0,19} \cdot A^{0,6} \cdot P^{0,19} \cdot (FQ)^{0,35} \quad (\text{en \$US 76})$$

où N est le nombre de branchements (particuliers ou BF), A l'aire de la zone à desservir, P sa population, Q la consommation spécifique et F le facteur de pointe.

¹ LAURIA, KOLSKY, HEBERT, MIDDLETON, ibid

² ces modèles sont exposés, traduits et commentés, dans MOREL A L'HUISSIER L'alimentation en eau potable des populations urbaines à faible revenu (...), 86, pp 54 à 61

³ modèle simplifié pour réseaux ramifiés/maillés confondus

Il apparaît donc que **plusieurs facteurs d'économie d'échelle doivent être considérés, différents pour chacune des variables de décision intervenant dans le modèle. Aussi doit-on tenir compte, dans la recherche d'un phasage optimal, non seulement de la loi de progression de la population ou de la consommation spécifique, mais encore de l'accroissement spatial et de l'évolution du nombre de branchements.**

4. Principe du recours à des modèles simplifiés de réseaux

On pourrait songer à présent à résoudre le problème en réintégrant dans l'expression du coût total actualisé les coûts de réseau de première et de seconde phase donnés par le modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al. Mais, **contrairement au coût du réseau de 1^{re} phase, il n'y a malheureusement aucune raison pour que le coût d'un ensemble de canalisations d'extension ou de densification¹ suive a priori ce modèle.** Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer que le diamètre moyen d'un ensemble de canalisations étendant un réseau de première phase à une nouvelle zone serait inférieur à celui d'un réseau que l'on construirait indépendamment du premier pour la desserte de la même zone dans les mêmes conditions.

On a donc choisi de rechercher le dimensionnement optimal de première et de seconde phase sur des réseaux simplifiés. **L'adoption d'une forme de réseau pouvant s'étendre ou se densifier par un processus d'interpolation ou d'extrapolation de formes simples présente l'avantage décisif de se prêter à une optimisation aisée et rigoureuse suivant la méthode du Lagrangien.** Aisée car elle fait l'objet d'un algorithme de résolution. Rigoureuse car la méthode, analytique, permet d'aboutir à une solution optimale, à la différence des méthodes numériques nécessairement employés sur des cas réels et qui peuvent aboutir à des solutions sous-optimales.

Les modèles obtenus avec ces réseaux simplifiés pour le diamètre moyen et la longueur totale en **première phase** seront comparés avec les modèles statistiques de LAURIA, KOLSKY et al. **Cette comparaison attestera de la validité de ces réseaux simplifiés pour la modélisation.**

¹ qualifier cet ensemble de "réseau" de seconde phase peut d'ailleurs paraître pour un abus de langage car il est généralement non-connexe

Les travaux d'expansion de capacité se traduisant en général pour les réseaux de canalisations en des opérations d'extension d'une part et de densification d'autre part, on a choisi deux types ou paradigmes fonctionnels de réseaux: l'un ne pouvant que s'étendre et changeant de forme par extrapolation d'une forme élémentaire, l'autre ne pouvant que se densifier par interpolation d'une forme également élémentaire. Aussi appellera-t-on respectivement ces deux paradigmes **réseau morpho-fonctionnel d'extension** et **réseau morpho-fonctionnel de densification**.

5. Méthode du lagrangien et programme de dimensionnement optimal

Les modèles morphologiques de réseau de distribution auxquels nous appliquons la méthode du lagrangien ont les particularités suivantes:

- ce sont des réseaux ramifiés (soit m le nombre de branches);
- les noeuds du réseau sont les points de décharge (débit de consommation q_w) et les points d'intersection de plus de deux canalisations;
- les tronçons de canalisation entre 2 noeuds du réseau ont tous même longueur ℓ : ils sont appelés tronçons unitaires;
- si q exprime une consommation élémentaire, le débit Q_i transitant dans le tronçon i peut s'écrire $x_i \cdot q$, où x_i est un entier non nul;
- par construction du modèle, la longueur totale du réseau $L = M \times \ell$ (où M est le nombre de tronçons unitaires) est minimale;
- la hauteur de charge est h_0 au point source du réseau (hauteur piézométrique du réservoir par exemple) et h_1 à l'extrémité de chaque branche (charge minimale requise à chaque branchement). La perte de charge sur chaque branche est donc constante et égale à $H = h_0 - h_1$

Il s'agit de minimiser le diamètre moyen¹ \bar{D} du réseau.

La fonction d'objectif à minimiser est donc:

$$Z(D_i) = \sum_{i=1}^M D_i$$

Les contraintes sur les hauteurs de charge s'expriment par la formule d'Hazen-Williams modifiée (ou toute autre relation dérivée des équations de Darcy - Weisbach et Colebrook), soit pour des canalisations neuves en polyéthylène à haute densité et sur chaque branche j:

$$\sum_{i=1}^N \frac{L_i Q_i^{1,8}}{994,62 \cdot D_i^{4,8}} = H$$

$$\text{soit: } \sum_{i=1}^N \frac{Q_i^{1,8}}{D_i^{4,8}} = \frac{1}{D_0^{4,8}} \quad (1)$$

$$\text{où } D_0 = \left(\sum_{i=1}^N \frac{994,62 \cdot H}{L_i \cdot Q_i^{1,8}} \right)^{-\frac{1}{4,8}}$$

H en mètres

q en m³/s

l en mètres

D_i et D₀ en m

On introduit les m opérateurs de Lagrange λ_j (autant que de branches), et la fonction de Lagrange Z₁ de (M+m) variables définie par:

¹ \bar{D} est défini par:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^M \frac{D_i L_i}{L} = \frac{L \cdot \sum_{i=1}^M D_i}{M \cdot L} = \frac{\sum_{i=1}^M D_i}{M}$$

où D_i est le diamètre du tronçon i

$$Z_1 = \sum_{i=1}^M D_i + \sum_{j=1}^m \left[\lambda_j \cdot \left(\sum_{\text{branche } j} \frac{x_k^{1,8}}{D_k^{4,8}} - \frac{1}{D_0^{4,8}} \right) \right]$$

L'optimum est réalisé lorsque les dérivées partielles de Z_1 par rapport aux M diamètres D_i et aux m multiplicateurs de Lagrange λ_j sont nulles¹.

La nullité des dérivées partielles $\frac{\partial Z_1}{\partial \lambda_j}$ exprime les contraintes sur les hauteurs de charge (équations (1)) et $\frac{\partial Z_1}{\partial D_i} = 0$ s'écrit :

$$1-4,8 \frac{Q_i^{1,8}}{D_i^{5,8}} \sum_{D_i \in J} \lambda_j = 0 \quad (2)$$

En particulier, pour le tronçon d'extrémité de chaque branche j , dans lequel transite $Q_j=q$:

$$1-4,8 \frac{q^{1,8}}{D_j^{5,8}} \lambda_j = 0 \quad (3)$$

Si un tronçon i appartient aux branches de tronçon d'extrémité D_j , on déduit des équations (2) et (3) que son diamètre D_i s'écrit :

$$D_i = x_i^{\frac{1,8}{5,8}} \cdot \left(\sum_{D_j \in J} D_j^{5,8} \right)^{\frac{1}{5,8}} \quad (4)$$

En prenant comme nouvelles variables les m diamètres des tronçons d'extrémité de branches et en remplaçant les diamètres D_i donnés par l'équation (4) dans les équations de branches (1), on obtient un système équivalent de m équations et m inconnues.

La méthode retenue pour la résolution de ce système non linéaire est la suivante:

¹ (M+m) équations et (M+m) variables

1^{re} étape: les tronçons élémentaires sont numérotés de proche en proche en partant de l'aval du réseau vers l'amont, l'indice 1 étant attribué au tronçon d'extrémité d'une branche (quelconque) appelée branche de référence;

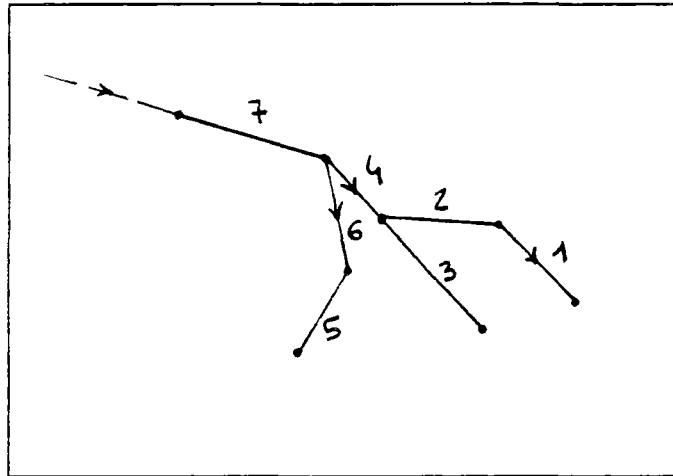
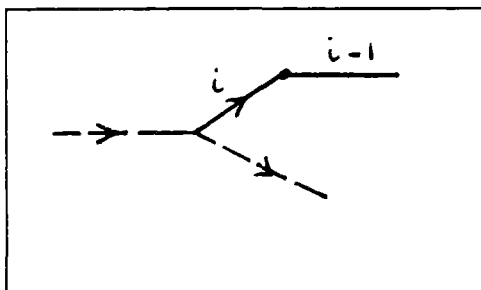


figure IX.5 NUMÉROTATION DES TRONCONS DU MODÈLE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION

2^{ème} étape: posons $y_i = \frac{x_i^{1,8}}{D_i^{5,8}}$; l'algorithme de résolution calcule les y_i de proche en proche;

3^{ème} étape: selon l'emplacement du tronçon i dans le réseau, le calcul de y_i suit l'une des trois procédures suivantes suivant son emplacement dans le réseau:

1- i tronçon série



$$y_i = \left(\frac{x_i}{x_{i-1}} \right)^{0,31} \cdot y_{i-1}$$

remarque: $x_i = x_{i-1} + 1$

figure IX.6
TRONCON SERIE

2- i tronçon d'extrémité

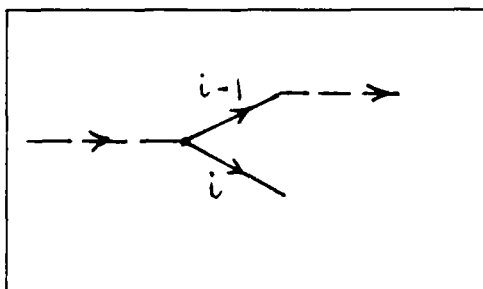


figure IX.7
TRONCON PARALLELE

y_i est la somme des y_j de tous les tronçons de la branche adjacente (ou d'une branche adjacente quelconque):

$$y_i = \sum_{\text{branche adjacente}} y_j$$

3- i tronçon aval noeud

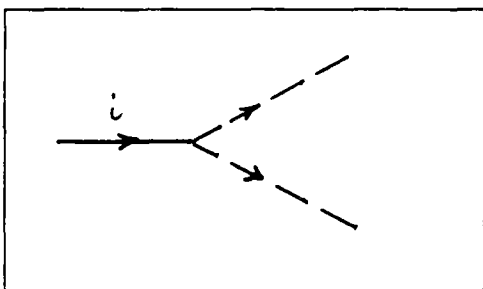


figure IX.8
TRONCON AVAL NOEUD

L'une des branches auxquelles le tronçon i appartient est nécessairement la branche de référence.

Les y_j des tronçons de toutes les branches adjacentes sont d'abord recalculés: chacun est multiplié par le facteur

$\frac{\sum y_k}{\sum y_l}$, où k et l désignent respectivement l'index des tronçons de la branche de référence et celui des tronçons de la branche adjacente à laquelle appartient j .

Si m désigne à présent l'index des tronçons d'extrémité des branches auxquelles i appartient, y_i est donné par:

$$y_i = x_i^{0,31} \cdot \left[\sum \left(\frac{y_m}{x_m^{1,8}} \right)^{-1,21} \right]^{-0,83}$$

4^{ème} étape: les y_i ayant été ainsi déterminés pour tous les tronçons du réseau, leur valeur définitive est calculée en les divisant tous par la somme des y_i d'une branche complète¹;

5^{ème} étape: enfin, $\frac{D_i}{D_0} = \left(\frac{x_i^{1,8}}{y_i} \right)^{\frac{1}{4,8}}$ est calculé et imprimé par le programme pour chaque tronçon i du réseau.

Cet algorithme de dimensionnement optimal des réseaux modélisés (modèles morpho-fonctionnels d'extension et de densification) a donné lieu à la rédaction d'un programme en FORTRAN de 223 lignes. Ce programme est reproduit à l'**ANNEXE IX.2**. Il a servi à dimensionner plusieurs dizaines de configurations de nos réseaux morpho-fonctionnels et a donc constitué le principal outil de constitution de la base de données à partir de laquelle ont pu être élaborés les modèles statistiques des paragraphes suivants.

B. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION

1. Description du modèle

On admet que l'espace est homogène et isotrope. En particulier, la densité de population est supposée uniforme et le territoire à desservir plan.

Il peut alors être représenté comme un tissu d'alvéoles hexagonales jointives².

¹ c'est-à-dire, d'après l'équation (1), en les multipliant tous par $D_0^{4,8}$

² seuls le triangle équilatéral, le carré et l'hexagone sont symétriques et couvrent tout l'espace

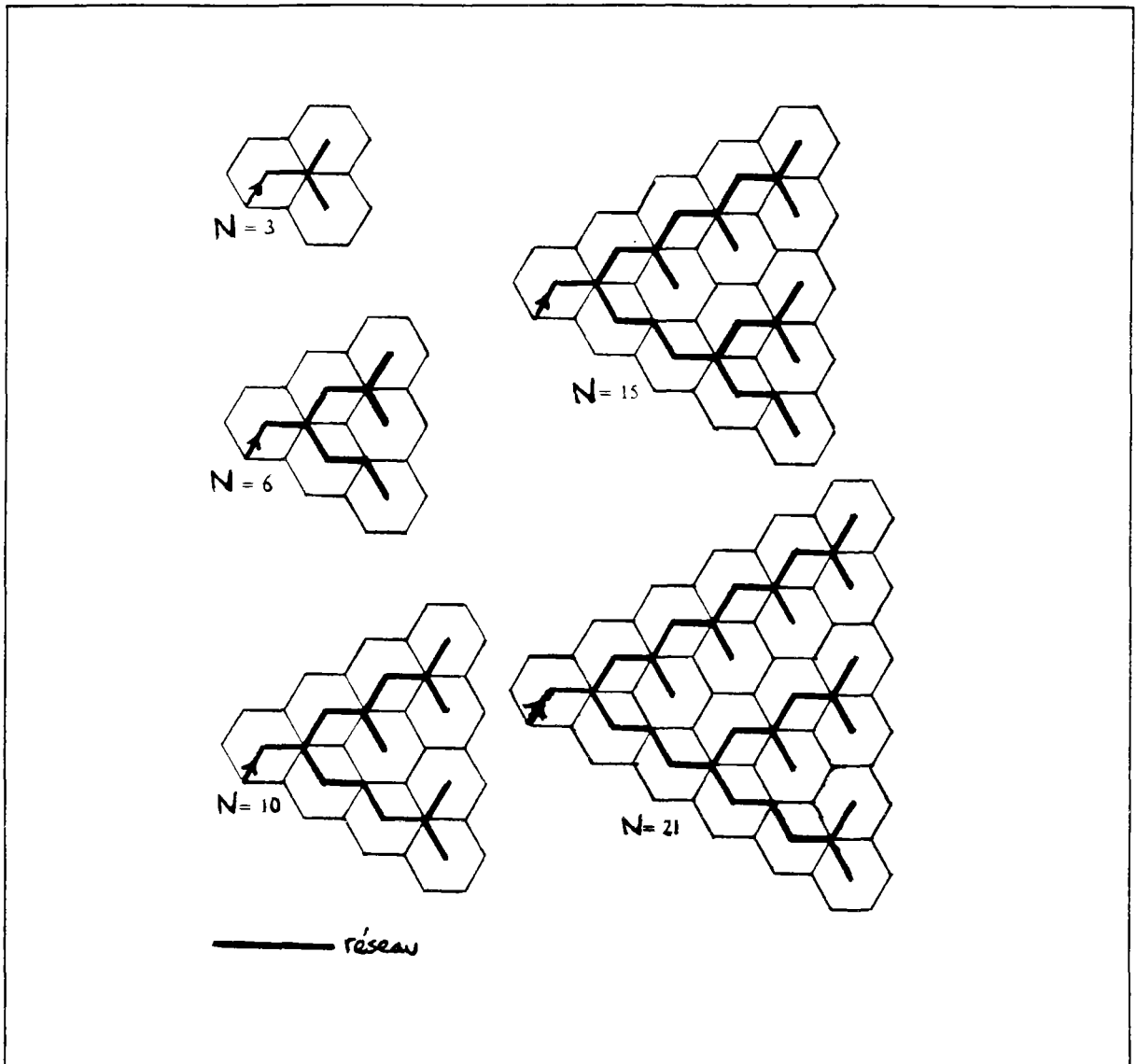


figure IX.9 MODÈLE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION

Posons¹ les hypothèses suivantes:

- chaque alvéole correspond à une unité territoriale desservie ou alimentée;

¹ MAYSTRE L.Y. Initiation aux calculs économiques pour les ingénieurs, Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, 1985, p.

- toutes les unités sont identiques (notamment en regard de la demande) et situées au centre de leur alvéole;
- le réseau a une règle de croissance: il grandit de façon linéaire, dans un angle de 60° , dans un demi-plan et en tâche d'huile (voir figure IX.9);
- les tronçons du réseau relient un sommet au centre d'une alvéole (ou l'inverse) et sont appelés *tronçons unitaires*.

Les unités desservies peuvent représenter des quartiers, des groupes de parcelles, des parcelles ou des unités d'habitation.

Suivant les cas, et respectivement, le réseau modélisé peut dès lors relever d'un des quatre niveaux de service suivants: *réseau de bornes-fontaines, de branchements collectifs ou semi-collectifs, de branchements sur cour, enfin de branchements particuliers.*

La figure IX.9 (voir page précédente) illustre la croissance d'un réseau suivant ce modèle, desservant successivement $N = 1, 3, 6, 10, 15$ et 21 branchements.

Soit a la surface d'une alvéole hexagonale.

Pour que le tracé du réseau existant ne soit pas altéré lors d'une extension suivant les règles de croissance posées, a doit être constante dans le temps.

Or, $a = \frac{A}{N} = \frac{A}{P} \cdot \frac{P}{N} = \delta^{-1} \frac{P}{N}$: seule l'augmentation de la densité de population δ étant une hypothèse plausible, une extension du réseau s'accompagnerait nécessairement d'une dégradation du niveau de service en termes de nombre d'habitants desservis par branchement (P/N).

On impose donc dans ce modèle que:

la densité de population $\delta = P/A$ est constante

et

le nombre d'habitants par branchement P/N est constant

2. Longueur totale L du réseau

La longueur ℓ d'un tronçon unitaire est reliée à a par la relation:

$$a = \frac{3\sqrt{2}}{2} \ell^2$$

D'où:

$$\ell = 62 A^{1/2} \cdot N^{-1/2} \quad (A \text{ en ha, } \ell \text{ en m}) \quad (1)$$

Soit n le nombre d'alvéoles sur le front d'extension, et M le nombre de tronçons unitaires.

$$L = M \times \ell$$

$$N = 1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$\begin{aligned} M &= p(3p+2)-2 & \text{si } n=2p & \text{(p entier naturel non nul)} \\ M &= p(3p+5) & \text{si } n=2p+1 \end{aligned}$$

On en déduit que, si p est assez grand:

$$M \approx \frac{3}{2} N$$

Une régression linéaire de M sur N (pour N compris entre 1 et 136) de la forme $M = K \cdot N^\alpha$ a permis d'établir le modèle suivant:

$$L = 1,18 N^{1,05} \cdot \ell \quad r^2=0,9989 \quad \text{ESE}=7,4\%$$

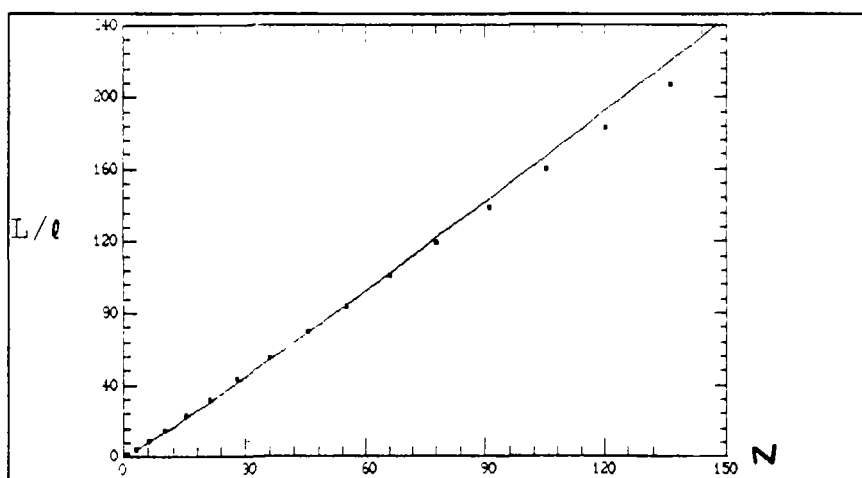


figure IX.10 Régression de L/ℓ sur N
 $N = 1 \text{ à } 136$

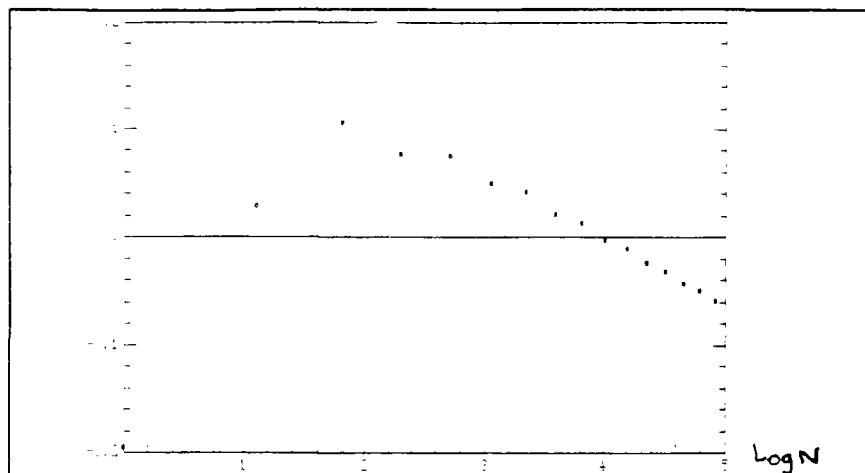


figure IX.11 Résidus de la régression de $\text{Log}(L/l)$ sur $\text{Log} N$, $N = 1$ à 136

On peut observer sur la figure IX.11 que les résidus sont corrélés avec N . On améliore donc très sensiblement le modèle en ne retenant que les valeurs de N supérieures ou égales à 15:

$$L = 1,45 N^{1,01} \cdot l \quad r^2=0,99998 \quad \text{ESE}=0,24\%$$

soit pour $N \geq 15$, et compte-tenu de l'équation (1) :

(A en ha)

$$L = 90 A^{0,50} \cdot N^{0,51}$$

Modèle 1 longueur totale du réseau

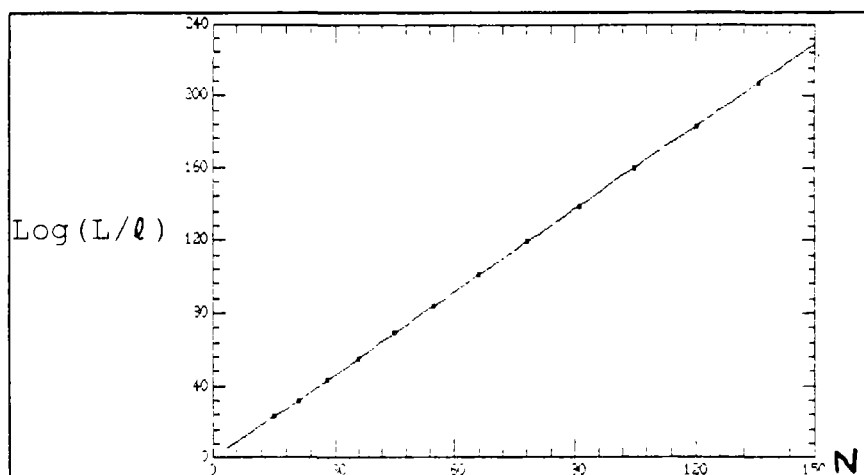


figure IX.12 Régression de L/l sur N
 $N=15$ à 136

3. Diamètre moyen du réseau

Rappelons que: $D_0 = \left(\frac{994,62H}{q^{-1,8}.l} \right)^{-\frac{1}{4,8}}$ (avec D_0 , H et l en m,
q en m³)

soit: $D_0 = 0,25 H^{-0,21}.l^{0,21}.q^{0,375}$
avec q en l/j/branch² et D_0 en mm

soit:

$$D_0 = 0,59 H^{-0,21}.A^{0,105}.(FQP)^{0,375}.N^{-0,48} \quad (\text{en mm}) \quad (2)$$

Les D_i/D_0 ont été calculés par le programme d'optimisation décrit dans le chapitre précédent pour 16 configurations du réseau (n=1 à 16), c'est-à-dire pour des nombres N de branchements compris entre 1 et 136.

Une analyse de régression linéaire de \bar{D} sur N a permis d'établir le modèle suivant¹:

$$\bar{D} = 1,07 N^{0,29}.D_0 \quad r^2=0,998 \quad \text{ESE}=2,6\%$$

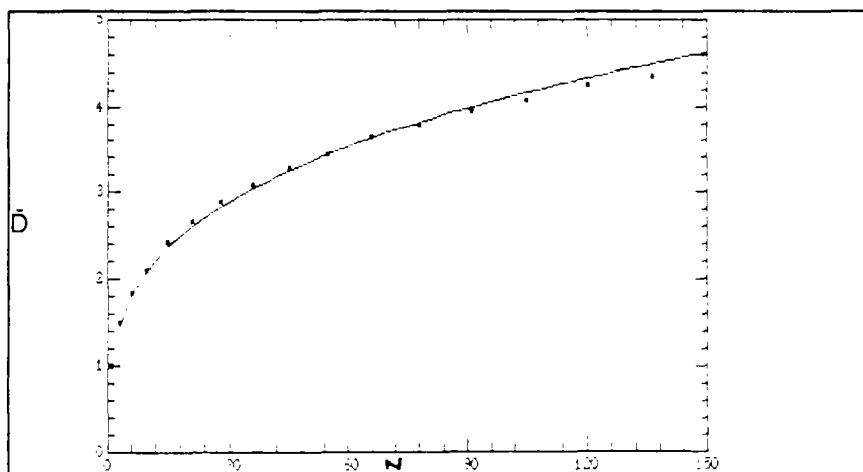


figure IX.13 Régression de \bar{D} sur N;
N=1 à 136

¹ voir figure IX.13 et figure IX.14, figure IX.33

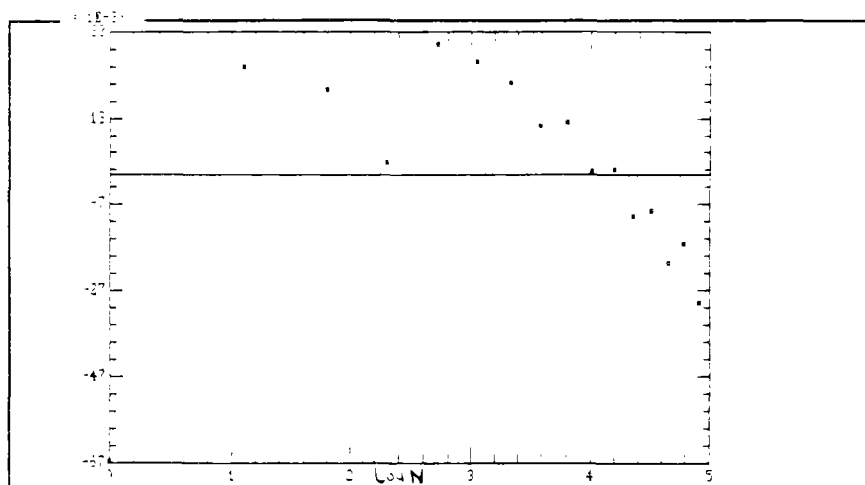


figure IX.14 Résidus de la régression de $\text{Log } \bar{D}$ sur $\text{Log } N$, $N=1$ à 136

Là encore, de même que pour L/q , on peut observer (voir figure IX.14, figure IX.33) que les résidus sont corrélés avec N .

On améliore sensiblement le modèle en ne retenant que les valeurs de N supérieures ou égales à 15:

$$\bar{D} = 1,19 N^{0,27} \cdot D_0 \quad r^2=0,9998 \quad \text{ESE}=0,43\%$$

Soit, en remplaçant D_0 par l'expression établie plus haut:

$$\bar{D} = 0,70 H^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (FQP)^{0,375} \cdot N^{-0,21}$$

Modèle 2 diamètre moyen du réseau

A en ha
Q en l/j/hab^e
H en m
 \bar{D} en mm

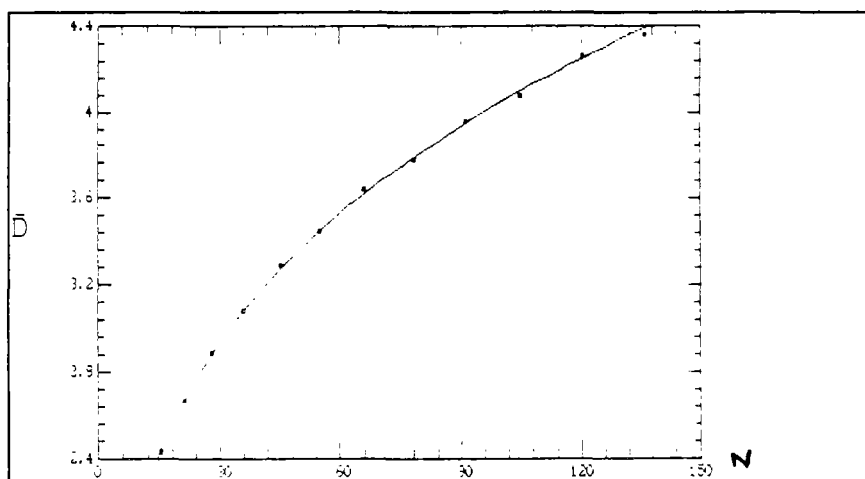


figure IX.15 Régression de \bar{D} sur N , $N \geq 15$

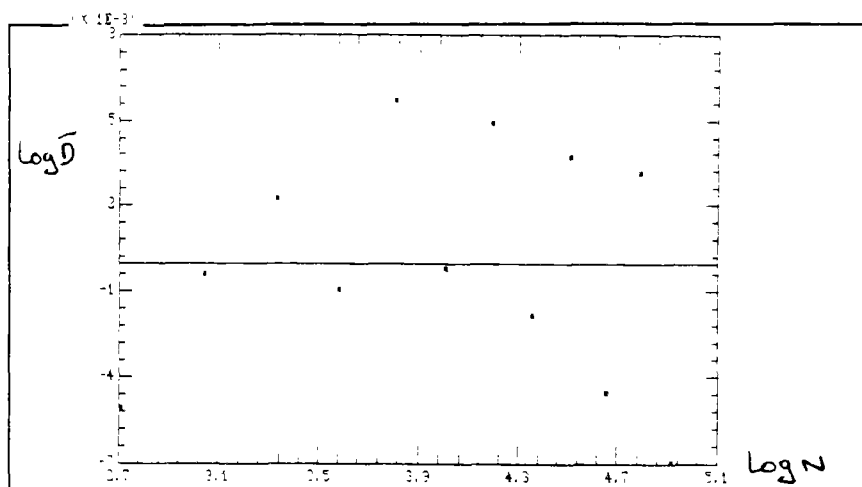


figure IX.16 Résidus de la régression de $\text{Log } \bar{D}$ sur $\text{Log } N$, $N \geq 15$

4. Comparaison avec le modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al.

Le modèle de LAURIA, KOLSKY et al., rappelons-le, est fondé sur l'analyse statistique des diamètres et longueurs totales optimaux d'un grand nombre de projets réalisés sur des zones de caractéristiques diverses.

a. longueur totale optimale

Modèle de LAURIA, KOLSKY et al.: $L = 82 A^{0,49} \cdot N^{0,55}$

Modèle morpho-fonct^{e1} d'extension: $L = 90 A^{0,50} \cdot N^{0,51}$

Le modèle morpho-fonctionnel d'extension sous-évalue en fait systématiquement la longueur totale minimale du réseau, pour des raisons liées au principe même de construction d'un modèle de réseau.

En effet, pour une zone donnée à desservir par N branchements, les choix possibles pour le tracé en plan du réseau sont contraints par le réseau viaire, alors que la construction géométrique du réseau morpho-fonctionnel autorise, en s'affranchissant de cette contrainte, une longueur moindre. Cette sous-évaluation est formellement vérifiée dès que N dépasse 10 branchements.

Elle reste cependant modérée puisque, pour $N < 150$, l'erreur relative sur la longueur totale du réseau obtenue par le modèle morpho-fonctionnel d'extension par rapport au modèle statistique est inférieure à 10%. Pour $N = 500$ branchements, elle n'est encore que de 14%.

b. diamètre moyen optimal

Modèle de LAURIA, KOLSKY et al.:

$$\bar{D} = 2,70 H^{-0,23} \cdot A^{0,10} \cdot (FQ)^{0,38} \cdot P^{0,23} \cdot N^{-0,20}$$

Modèle morpho-fonct^{e1} d'extension:

$$\bar{D} = 0,70 H^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (FQP)^{0,375} \cdot N^{-0,21}$$

L'erreur relative sur le diamètre moyen par rapport au modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al. dépend surtout de la population P. Pour des valeurs courantes des autres variables de décision, cette erreur relative est inférieure à 10% pour une population comprise entre 5 000 et 20 000 habitants.

Pour de faibles populations, le diamètre moyen minimal théorique, donné par le modèle morpho-fonctionnel, est sous-estimé par rapport à celui qu'on obtient dans un cas réel de dimensionnement de réseau. La raison de cette sous-estimation provient du choix d'un diamètre, généralement compris entre 40 et 60 mm, en-deçà duquel on se refuse à descendre pour une canalisation de réseau, même tertiaire.

Supposons ainsi qu'un quartier de 10 hectares peuplé de 1 000 habitants doive être couvert par un réseau assurant en 6 points d'eau de type borne-fontaine une dotation spécifique de 20 litres par jour et par habitant. La méthode de dimensionnement optimal du réseau supposé conforme au modèle morpho-fonctionnel d'extension conduirait à installer l'essentiel du réseau en canalisations de 20 mm de diamètre. Ce dimensionnement serait de toute évidence irréaliste en pratique, puisqu'incompatible avec le raccordement sur ce réseau d'un ou de quelques particuliers.

5. ALTERNATIVE 1: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et d'extension

a. réseau de premier établissement

Desservant les N_1 branchements prévus à la date t, le réseau de premier établissement est calibré en fonction des besoins de fin d'horizon de planification (année T).

$L_1(alt1) = 1,45 N_1^{1,01} \cdot l \quad r^2=0,99998 \quad ESE=0,24\%$
soit:

$$L_1(alt1) = 90 A_1^{0,50} \cdot N_1^{0,51}$$

Modèle 3 Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1

Pour obtenir le diamètre moyen du réseau de premier établissement, le réseau final desservant N_2 branchements a d'abord été dimensionné en appliquant le programme de dimensionnement optimal. $\bar{D}_1(\text{alt1})$ a ensuite été obtenu par régression linéaire multiple sur les diamètres des seuls tronçons du réseau final desservant les N_1 premiers branchements.

Seules les configurations telles que $N_1 \geq 15$ et $(N_2 - N_1) \geq 15$, soit 56 observations, ont été retenues pour la régression¹.

$$\bar{D}_1(\text{alt1}) = 1,23 N_2^{0,58} \cdot N_1^{-0,31} \cdot D_0 \quad r^2=0,996 \quad \text{ESE}=1,4\%$$

soit:

²

$$\bar{D}_1(\text{alt1}) = 0,73 H_2^{-0,21} \cdot A_2^{0,105} \cdot (F_2 Q_2 P_2)^{0,375} \cdot N_1^{-0,31} \cdot N_2^{0,10}$$

Modèle 4 diamètre moyen optimal
du réseau de premier établissement
dans le cas de l'alternative 1

On peut vérifier formellement sur les modèles qu'il y a bien dans ce cas surdimensionnement du réseau de première phase:

Pour tout $N_1, N_2, N_2 > N_1$:

$$1,23 N_2^{0,58} \cdot N_1^{-0,31} = 1,23 (N_2/N_1)^{0,58} \cdot N_1^{0,27}$$

$$\text{d'où:} \quad 1,23 N_2^{0,58} \cdot N_1^{-0,31} > 1,19 N_1^{0,27}$$

$$\text{soit:} \quad \bar{D}_1(\text{alt1}) > \bar{D}_1(\text{alt2})$$

¹ comme pour \bar{D} (voir supra 2.3), on aboutit en effet à une moins bonne équation de régression en effectuant celle-ci sur toutes les valeurs possibles de N_1 et de $N_2 - N_1$ (soit 136 observations) du fait de la corrélation des résidus avec les variables explicatives

² voir figure IX.17, figure IX.18, figure IX.19 et figure IX.20

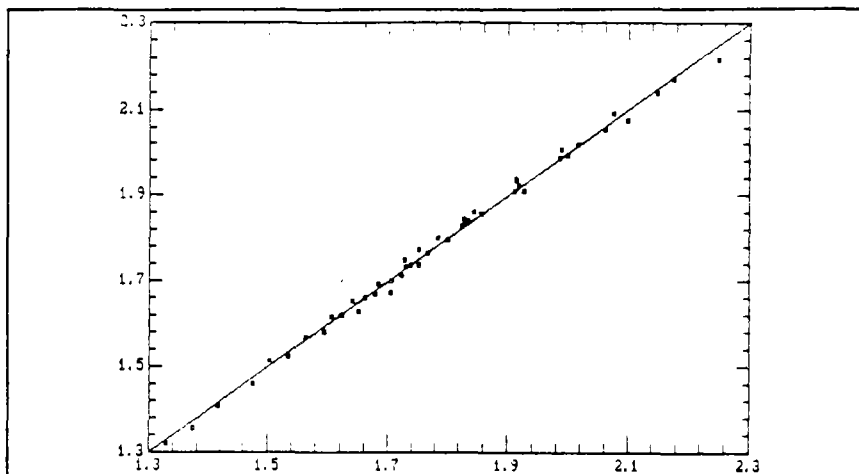


Figure IX.17 Droite de régression de $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de lère phase / alternative 1)

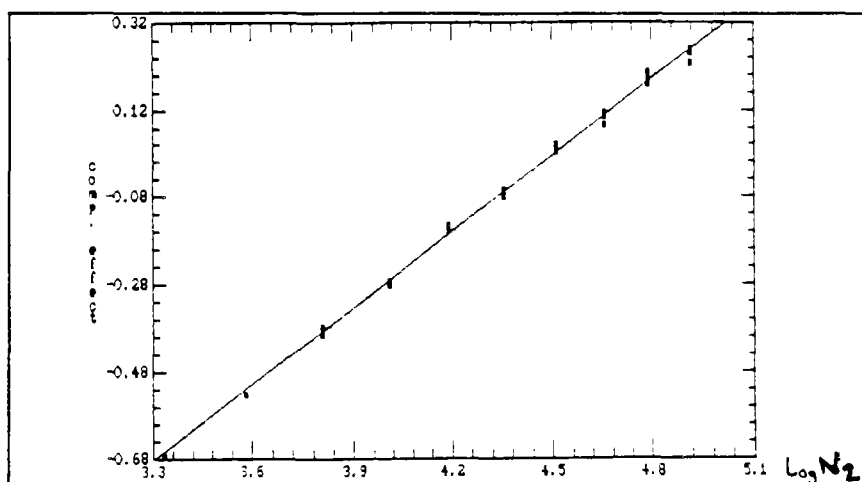


Figure IX.18 Résidus de la régression de $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de lère phase / alternative 1)

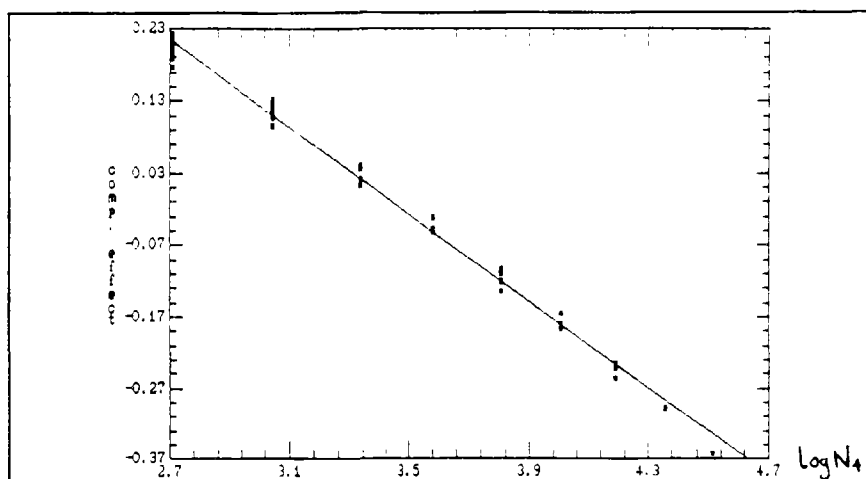


Figure IX.19 Régression de $\bar{D}_1(\text{alt1})$
(réseau de lère phase / alternative 1)

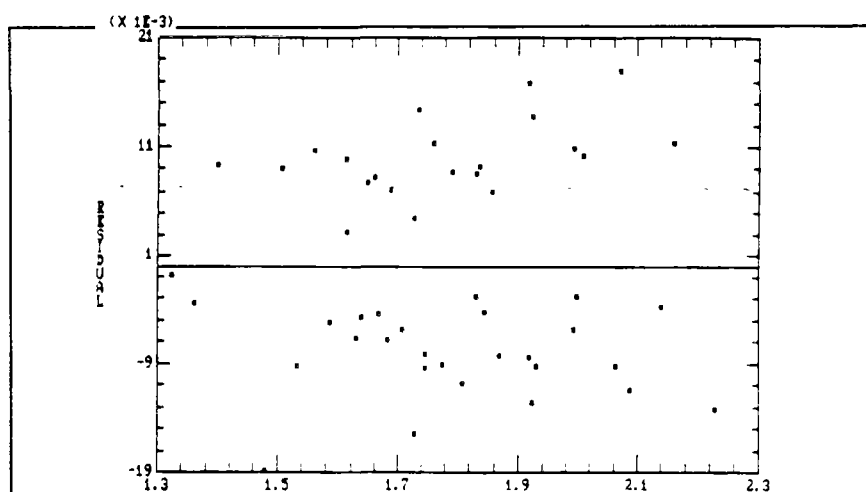


Figure IX.20 Régression de $\bar{D}_1(\text{alt1})$
(réseau de lère phase / alternative 1)

b. réseau d'extension

Les canalisations installées à la date t pour assurer les besoins de deuxième phase couvrent la surface $A_2 - A_1$ et desservent $N_2 - N_1$ branchements. Leur diamètre moyen, comme celui du réseau de première phase, est déduit des résultats du dimensionnement du réseau final par régression sur les D_i des seuls tronçons desservant les $N_2 - N_1$ branchements de deuxième phase. La même restriction que ci-dessus est appliquée: on ne retient que les configurations telles que $N_2 \geq 15$ et $(N_2 - N_1) \geq 15$. On obtient:

$$L_2(\text{alt1}) = 1,45 (N_2 - N_1)^{0,31} \cdot \ell \quad r^2 = 0,99998 \quad \text{ESE} = 0,24\%$$

soit:

$$L_2(\text{alt1}) = 90 A_2^{0,5} \cdot (N_2 - N_1) \cdot N_2^{-0,5}$$

Modèle 5 Longueur du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 1

et:

¹
 $r^2 = 0,999$
 $\text{ESE} = 0,65\%$

$$\bar{D}_2(\text{alt1}) = 1,11 N_1^{-0,09} \cdot (N_2 - N_1)^{0,31} \cdot D_0$$

Modèle 6 Diamètre moyen optimal du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 1

¹ voir figure IX.21, figure IX.22, figure IX.23 et figure IX.24

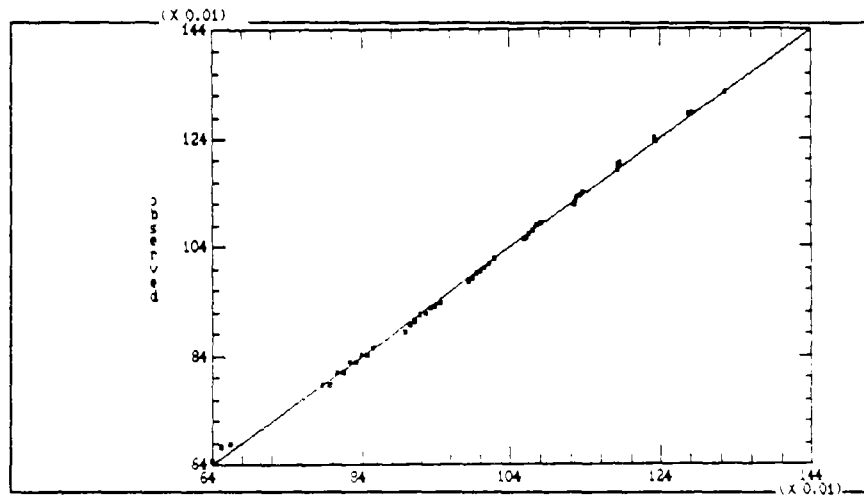


Figure IX.21 Droite de régression de $\bar{D}_2(\text{alt1})$ (réseau d'extension/alternative 1)

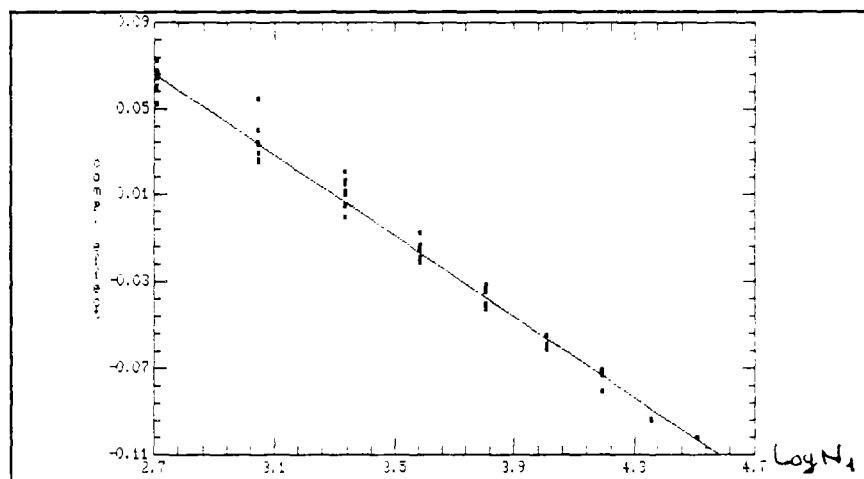


Figure IX.22 Résidus de la régression de $\bar{D}_2(\text{alt1})$ (réseau d'extension/alternative 1)

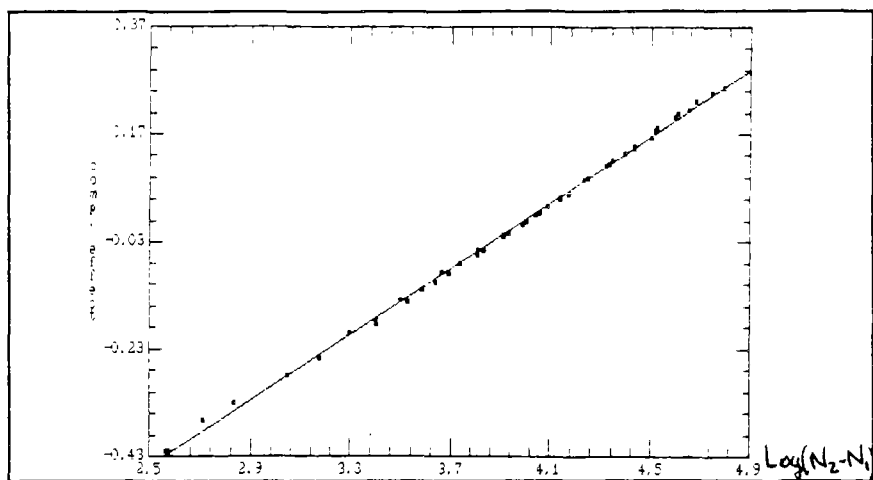


Figure IX.23 Régression de $\bar{D}_2(\text{alt1})$ sur N_1 et N_2 (réseau d'extension / alternative 1)

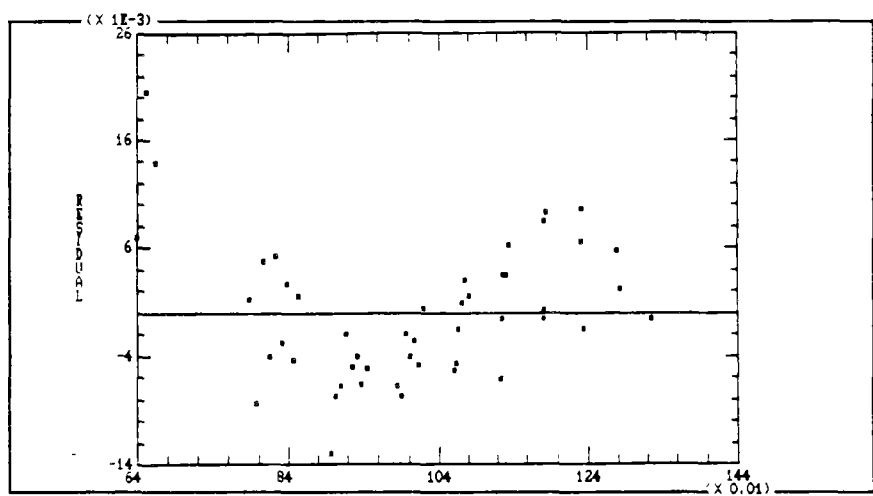


Figure IX.24 Régression de $\bar{D}_2(\text{alt1})$ sur N_1 et N_2 (réseau d'extension / alternative 1)

6. ALTERNATIVE 2 : longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et d'extension

a. réseau de premier établissement

1

$$L_1(\text{alt2}) = 90 A_1^{0,50} \cdot N_1^{0,51}$$

$r^2=0,99998$
ESE=0,24%

Modèle 7 Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2

2

$$\bar{D}_1(\text{alt2}) = 1,19 N_1^{0,27} \cdot D_0$$

$r^2=0,999$
ESE=0,43%

Modèle 8 Diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2

soit, encore:

$$\bar{D}_1(\text{alt2}) = 0,70 H_1^{-0,21} \cdot A_1^{0,10} \cdot (F_1 Q_1 P_1)^{0,375} \cdot N_1^{-0,21}$$

ou

$$\bar{D}_1(\text{alt2}) = 0,70 H_2^{-0,21} \cdot A_2^{0,10} \cdot (F_2 Q_2 P_2)^{0,375} \cdot N_2^{-0,48} \cdot N_1^{0,27}$$

b. réseau d'extension

3

$$L_2(\text{alt2}) = 106 A_2^{0,5} \cdot N_2^{0,34} \cdot (N_2 - N_1)^{0,13}$$

$r^2=0,9997$
ESE=1,2%

Modèle 9 Longueur totale du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 2

¹ voir supra figure IX.12 page 308

² voir supra figure IX.15 et figure IX.16 page 310

³ voir figure IX.25, figure IX.26, figure IX.27, figure IX.28 et figure IX.29 pages 320, 321 et 322

1

$r^2=0,973$
ESE=3,6%

$$\bar{D}_2(\text{alt2}) = 1,37 (N_2 - N_1)^{0,25} \cdot D_0$$

Modèle 10 Diamètre moyen optimal du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 2

soit encore:

$$\bar{D}_2(\text{alt2}) = 0,81 H_2^{-0,21} \cdot A_2^{0,10} \cdot (F_2 Q_2 P_2)^{0,375} \cdot N_2^{-0,48} \cdot (N_2 - N_1)^{0,25}$$

ou

$$\bar{D}_2(\text{alt2}) = 0,81 H_2^{-0,21} \cdot (A_2 - A_1)^{0,10} \cdot (F_2 Q_2 P_2 - F_1 Q_1 P_1)^{0,375} \cdot (N_2 - N_1)^{-0,23}$$

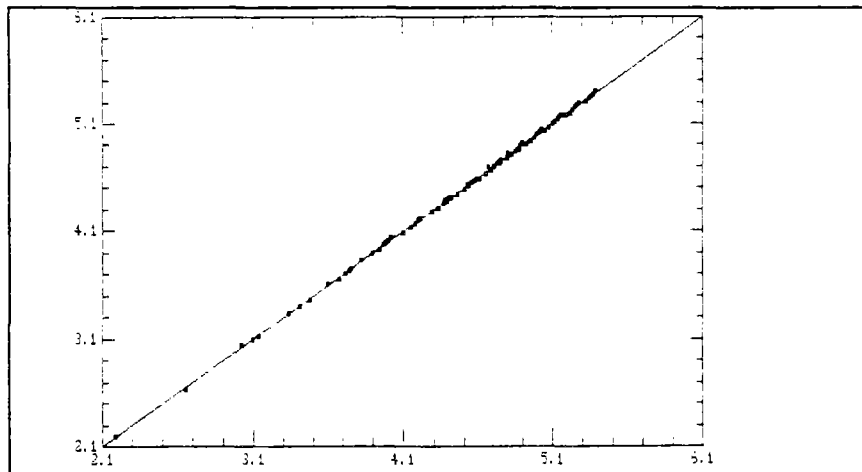


figure IX.25 Droite de régression de $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)

¹ voir figure IX.30, figure IX.31 et figure IX.32 pages 323 et 324

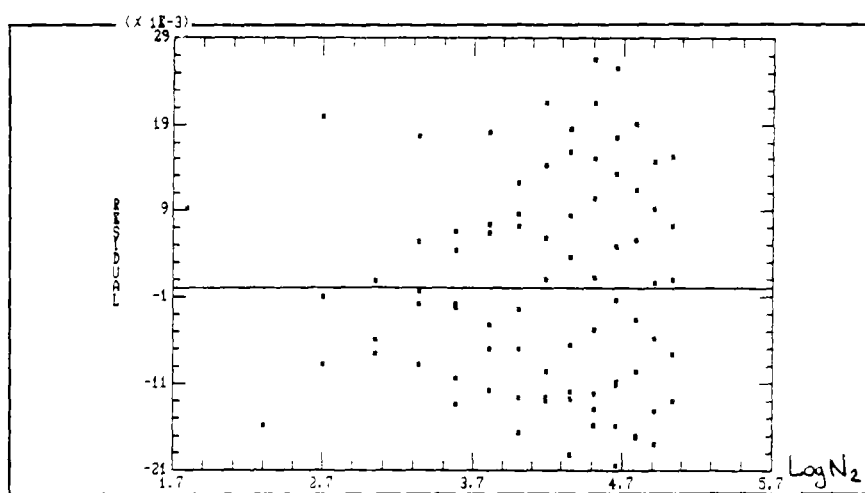


Figure IX.26 Résidus de la régression de $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)

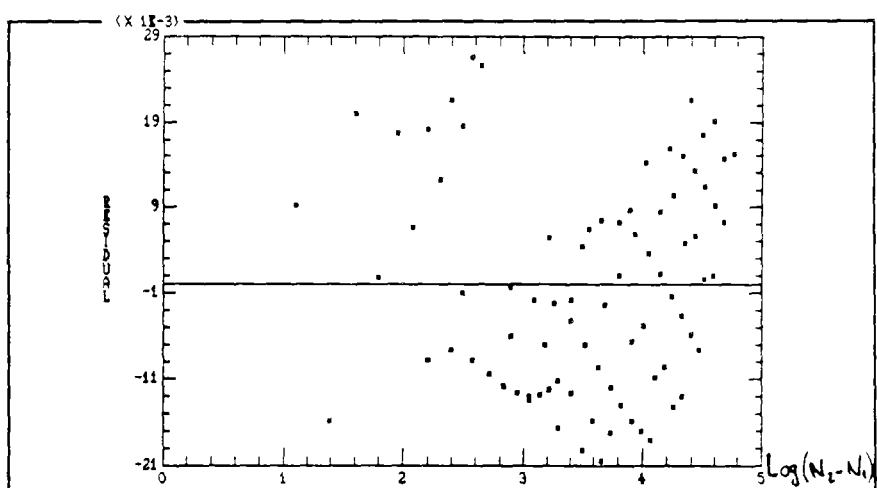


Figure IX.27 Résidus de la régression de $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)

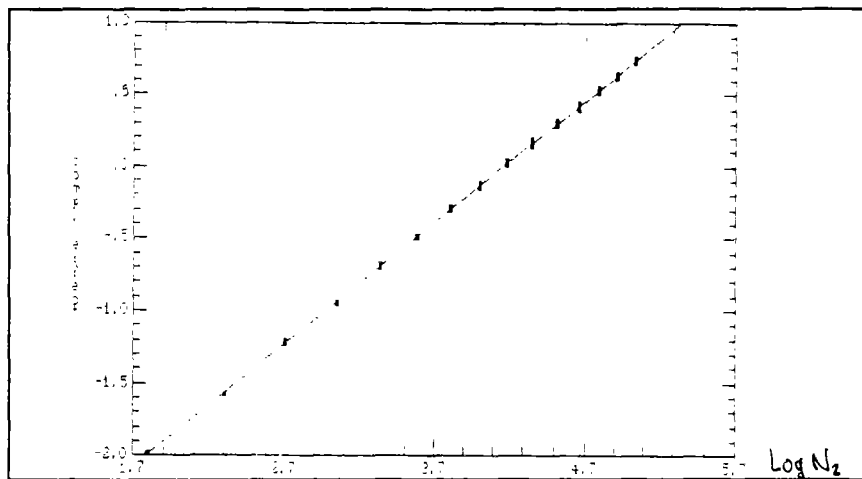


Figure IX.28 Régression de $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension / alternative2)

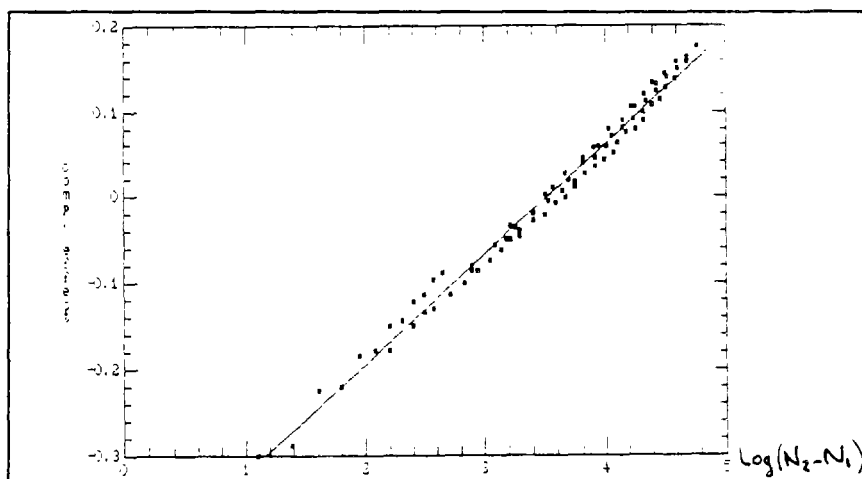


Figure IX.29 Régression de $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension / alternative 2)

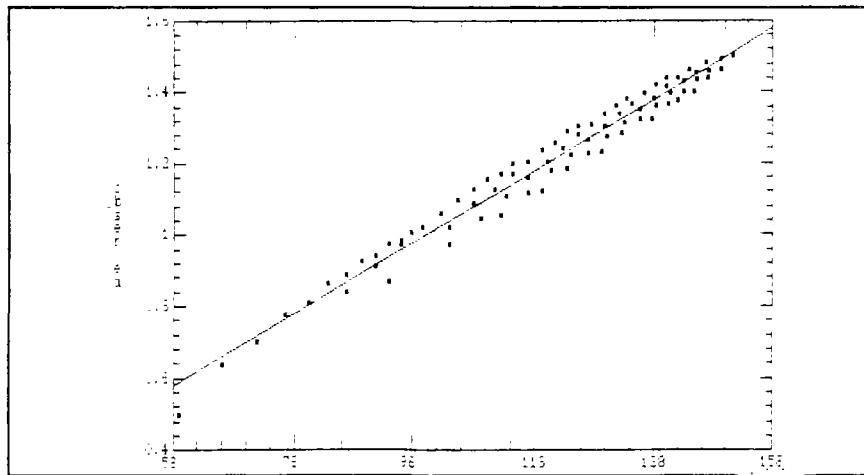


Figure IX.30 Droite de régression de $\bar{D}_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)

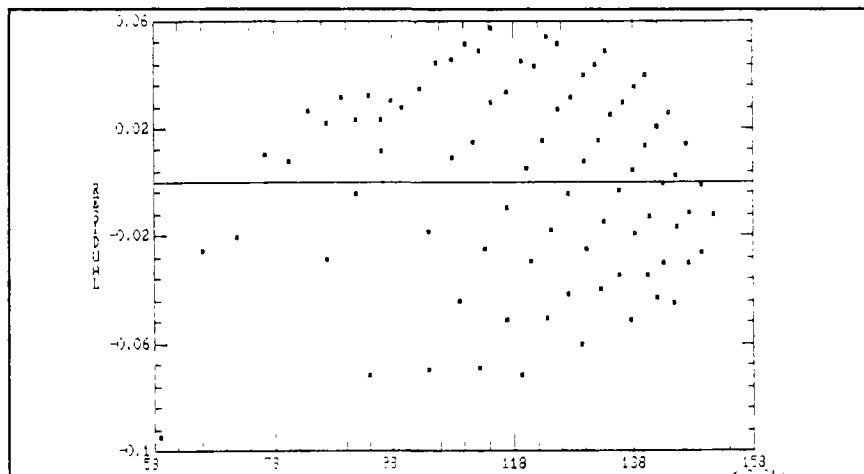


Figure IX.31 Résidus de la régression de $\bar{D}_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)

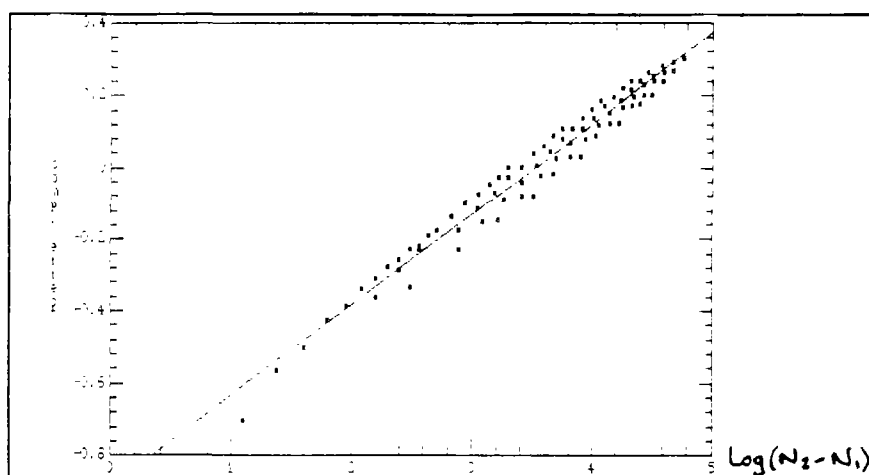


figure IX.32 Régression de $\bar{D}_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension / alternative 2)

7. Coût des réseaux de premier établissement et d'extension

Nous avons mené une étude des fonctions de coût des réseaux de canalisation sur plusieurs pays d'Afrique Noire francophone¹. Cette étude montre que les modèles de régression de la forme $\frac{C}{L} = K \cdot \bar{D}^\alpha$ conduisent à des corrélations acceptables, avec α compris entre 0,8 et 1,2, donc peu différent de 1.

Aussi distinguerons-nous 3 valeurs de α pour l'étude du phasage optimal:

- * $\alpha = 0,8$: cas d'une économie d'échelle maximale par rapport au diamètre moyen du réseau;
- * $\alpha = 1$: cas moyen;
- * $\alpha = 1,2$: cas d'une déséconomie d'échelle maximale par rapport au diamètre moyen du réseau.

Les résultats des analyses de régression linéaire sont les suivants:

¹ MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu dans les pays en développement, CERGRENE, ENPC, 1986, pages 46 à 53

a. $C = K L.D$

tableau IX.1 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS MOYEN -

	coût du réseau de premier établissement	coût du réseau d'extension
ALTERNATIVE 1	$1,86K.N_1^{0,7}.N_2^{0,6}.D_0$	$1,35 K.(N_2-N_1)^{1,3}.D_0$
ALTERNATIVE 2	$1,70 K.N_1^{1,3}.D_0$	$2,04 K.N_2^{0,95}.(N_2-N_1)^{0,35}.D_0$

b. $C = K L.D^{0,8}$

tableau IX.2 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS D'UNE ÉCONOMIE D'ÉCHELLE MAXIMALE -

	coût du réseau de premier établissement	coût du réseau d'extension
ALTERNATIVE 1	$1,77K.N_1^{0,75}.N_2^{0,45}.D_0^{0,8}$	$1,63K.N_1^{-0,05}(N_2-N_1)^{1,25}.D_0^{0,8}$
ALTERNATIVE 2	$1,72K.N_1^{1,2}.D_0^{0,8}$	$2,20K.N_2^{0,85}.(N_2-N_1)^{0,35}.D_0^{0,8}$

$$c. \quad C = K L.D^{1,2}$$

tableau IX.3 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS D'UNE DESÉCONOMIE D'ÉCHELLE MAXIMALE -

	coût du réseau de premier établissement	coût du réseau d'extension
ALTERNATIVE 1	$1,92K.N_1^{0,6}.N_2^{0,7}.l D_0^{1,2}$	$1,70K.N_1^{-0,1}(N_2-N_1)^{1,4}.l D_0^{1,2}$
ALTERNATIVE 2	$1,85K.N_1^{1,3}.l D_0^{1,2}$	$2,49K.N_2^{0,85}.(N_2-N_1)^{0,45}.l D_0^{1,2}$

8. Phasage optimal en cas de progression linéaire de la population

Soient $\pi = P/N$ le nombre d'habitants par branchement
(quelconque indépendant de t)

r le taux d'actualisation (paramètre testé pour
 $r \leq 20\%$)

p l'accroissement annuel de la population, constant
(quelconque)

t_0 le retard initial (en années) (paramètre testé
pour $t_0 = 0, 5$ et 10 ans)

$P=p(t+t_0)$ traduit l'accroissement linéaire de la population
au rythme de p nouveaux habitants par an;

$N=\frac{P}{\pi}=\frac{p}{\pi}.(t+t_0)$ le nombre de branchements nécessaires à la
satisfaction de la demande à l'année t.

En particulier:

$N_2=\frac{p}{\pi}.(T+t_0)$ est le nombre de branchements nécessaire à la
satisfaction des besoins à la fin de l'horizon de
planification.

L'année optimale t pour réaliser les travaux d'extension du réseau est celle qui minimise le **Coût Total Actualisé (CTA)** des travaux, somme du coût C_1 du réseau de premier établissement et du coût actualisé $C_2 \cdot (1+r)^{-t}$ du réseau d'extension.

Si les travaux d'extension peuvent être effectivement réalisés à cette date, l'alternative optimale est celle qui produit le CTA minimal.

Le tableau IX.5 présente les dates et l'alternative optimales dans le cas le plus général d'une absence d'économie ou de déséconomie d'échelle par rapport au diamètre moyen, le tableau IX.7 dans le cas d'une économie d'échelle maximale, le tableau IX.9 enfin dans celui d'une déséconomie d'échelle maximale.

Il existe une date, appelée *date d'indifférence* t_{ind} , telle que des travaux d'extension effectués à cette date produisent un même coût total actualisé quelque soit l'alternative retenue (ALTERNATIVE 1 ou 2).

Pour des travaux d'extension réalisés avant t_{ind} , l'alternative 1 sera moins coûteuse que l'alternative 2. Pour $t > t_{ind}$, au contraire, le coût total actualisé de l'alternative 2 sera inférieur à celui de l'alternative 1.

Ce dernier critère peut constituer une *régle de décision* lorsque des contraintes liées à l'obtention de financements interdisent d'envisager de nouveaux travaux avant une certaine date.

Le tableau IX.4 présente les dates d'indifférence dans le cas le plus général d'une absence d'économie ou de déséconomie d'échelle par rapport au diamètre moyen, le tableau IX.6 dans le cas d'une économie d'échelle maximale, le tableau IX.8 enfin dans celui d'une déséconomie d'échelle maximale.

a. cas moyen ($C = KL\bar{D}$)

$$CTA = C_1 + C_2(1+r)^{-t}$$

Introduisons le **coût total actualisé réduit X** défini par:

$$X = \frac{CTA}{C_0 \cdot \left(\frac{P}{\pi}\right)^{1,3}} \quad \text{où } C_0 = K \cdot L \cdot D_0$$

$$\text{Alors: } \min_t CTA = \min_t X$$

$$X(\text{ALT } 1) = 1,86(T+t_0)^{0,6} \cdot (t+t_0)^{0,7} + 1,35(T-t)^{1,3} \cdot (1+r)^{-t}$$

et

$$X(\text{ALT } 2) = 1,70(t+t_0)^{1,3} + 2,04(T+t_0)^{0,95} \cdot (T-t)^{0,35} \cdot (1+r)^{-t}$$

Pour des valeurs de r comprises entre 5 et 20%, pour $T=20$ ans et un retard initial de 0, 5 ou 10 ans, les dates d'indifférences ainsi que le choix optimal des alternatives et des dates d'extension sont présentées dans les tableaux suivants¹:

Tableau IX.4 DATES D'INDIFFÉRENCE
($\alpha=1$, progression linéaire de la population)

$r(\%)$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_0=0$	>20	18	9	8	7	6	5	5	5	4	4	4	4	3	3	3
$t_0=5$	19	17	12	9	8	7	6	5	4	4	4	4	3	3	3	3
$t_0=10$	18	16	13	10	9	7	6	6	5	5	4	4	4	4	3	3

Tableau IX.5 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$, progression linéaire de la population)

$r(\%)$	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t_0 = 0$	*	ALT1 2-6	ALT1 4-6			ALT2 8-9			
$t_0 = 5$		ALT1 5-6	ALT1 5-7			ALT2 8-10			
$t_0 = 10$			ALT1 5-7				ALT2 9-10		

¹ les courbes représentatives des coûts réduits $X(\text{ALT1})$, $X(\text{ALT2})$ et $\text{Min } X$ ont été regroupées dans l'ANNEXE IX.2

Tableau IX.5 [suite] CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$, progression linéaire de la population)

r (%)	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_0=0$	ALT2 8-9			ALT2 7-9			ALT2 7-8		
$t_0=5$	ALT2 8-10			ALT2 8-9			ALT2 7-9		
$t_0=10$		ALT2 9-10		ALT2 8-10			ALT2 8-9		

b. cas d'une économie d'échelle maximale ($C = K.L.\bar{D}^{0,8}$)

Le coût total actualisé réduit est défini par:

$$X = \frac{C_1 + C_2 (1+r)^{-t}}{C_0 \left(\frac{P}{\pi} \right)^{1,2}} \quad \text{où } C_0 = K.P.D_0^{0,8}$$

Alors¹:

$$X(\text{ALT1}) = 1,77 (T+t_0)^{0,45} \cdot (t+t_0)^{0,7} + 1,63 (T+t)^{-0,05} \cdot (T-t)^{1,25} (1+r)^{-t}$$

et

$$X(\text{ALT2}) = 1,72 (t+t_0)^{1,2} + 2,20 (T+t_0)^{0,85} \cdot (T-t)^{0,35} \cdot (1+r)^{-t}$$

c. cas d'une déséconomie d'échelle maximale ($C = K.L.\bar{D}^{1,2}$)

Le coût total actualisé réduit est défini par:

$$X = \frac{C_1 + C_2 (1+r)^{-t}}{C_0 \left(\frac{P}{\pi} \right)^{1,3}} \quad \text{où } C_0 = K.P.D_0^{1,2}$$

¹ voir courbes représentatives en ANNEXE IX.2

Alors¹:

$$X(\text{ALT1}) = 1,92 (T+t_0)^{0.7} \cdot (t+t_0)^{0.6} + 1,70 (T+t_0)^{-0.1} \cdot (T-t)^{1.4} (1+r)^{-t}$$

et

$$X(\text{ALT2}) = 1,85 (t+t_0)^{1.3} + 2,49 (T+t_0)^{0.85} \cdot (T-t)^{0.45} \cdot (1+r)^{-t}$$

Tableau IX.6 DATES D'INDIFFERENCE
($\alpha=0,8$, progression linéaire la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
$t_0=0$	>20	>20	19	8	5	3
$t_0=5$ ans	>20	>20	20	11	7	4
$t_0=10$ ans	>20	>20	>20	14	9	6

Tableau IX.7 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE
D'EXTENSION ($\alpha=0,8$; progression linéaire de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
$t_0= 0$	ALT1 8-9	ALT1 7-9	ALT1 7-8	ALT1/7-8 ou ALT2/8-9	ALT2 8-9	ALT2 8-9
$t_0= 5$ ans	ALT1 8-9	ALT1 7-9	ALT1 7-8	ALT1 6-8	ALT1/6-8 ou ALT2/8-9	ALT2 7-9
$t_0=10$ ans	ALT1 7-9	ALT1 7-8	ALT1 6-8	ALT1 6-8	ALT1 6-7	ALT2 8-9

¹ voir courbes représentatives en ANNEXE IX.2

Tableau IX.8 DATES D'INDIFFERENCE
($\alpha=1,2$; progression linéaire de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
$t_0 = 0$	18	5	3	<1	<1	<1
$t_0 = 5$ ans	18	7	5	4	3	2
$t_0 = 10$ ans	17	8	6	5	4	3

Tableau IX.9 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE
D'EXTENSION ($\alpha=1,2$; progression linéaire de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
$t_0=0$	ALT1 7-10	ALT2 8-10	ALT2 8-10	ALT2 8-10	ALT2 8-9	ALT2 7-9
$t_0=5$ ans	ALT1 6-10	ALT2 8-11	ALT2 8-11	ALT2 8-10	ALT2 8-10	ALT2 7-9
$t_0=10$ ans	ALT1 5-9	ALT1/6-8 ou ALT2/8-12	ALT2 8-11	ALT2 8-11	ALT2 8-11	ALT2 7-9

9. Phasage optimal en cas de progression exponentielle de la population

Soient: $\pi = P/N$ le nombre d'habitants par branchement
(quelconque, indépendant de t);

r le taux d'actualisation (paramètre testé pour
 $r \leq 20\%$);

P_0 la population initiale (quelconque);

d le taux d'accroissement démographique
(paramètre testé pour $d = 2\%$, 4% , et 6%);

$P = P_0 \cdot (1+d)^t$ traduit l'accroissement exponentiel de la population au rythme de $d\%$ par an.

$$N = \frac{P}{\pi} = \frac{P_0}{\pi} (1+d)^t$$

En particulier:

$N_2 = \frac{P_0}{\pi} (1+d)^T$ est le nombre de branchements nécessaire à la satisfaction des besoins à la fin de l'horizon de planification.

La discussion est identique à celle présentée ci-dessus pour la progression linéaire de la population.

a. cas moyen ($C = K.L.\bar{D}$)

$$X = \frac{C_1 + C_2 (1+r)^{-t}}{C_0 \left(\frac{P_0}{\pi} \right)^{1,3}} \text{ définit le coût total actualisé réduit}^1$$

$$\begin{aligned} X(ALT1) &= 1,86 (1+d)^{0,6T+0,7t} + 1,35 (1+r)^{-t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{1,3} \\ X(ALT2) &= 1,7 (1+d)^{1,3t} + 2,04 (1+d)^{0,95T} \cdot (1+r)^{-t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{0,35} \end{aligned}$$

¹ les courbes représentatives des coûts réduits $X(ALT1)$, $X(ALT2)$ et $\text{Min } X$ ont été regroupées dans l'ANNEXE IX.3

Tableau IX.10 DATES D'INDIFFERENCE
($\alpha=1$; progression exponentielle de la population)

r(%)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d=2%	>20	>20	19	17	15	13	12	11	10	9	9	8	8	7	7	6
d=3%	>20	>20	18	16	14	12	10	10	9	8	8	7	7	6	6	5
d=4%	>20	>20	18	15	13	11	9	9	8	7	7	6	6	5	5	4
d=5%	>20	>20	17	14	11	10	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4
d=6%	>20	>20	15	12	10	9	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4

Tableau IX.11 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$; progression exponentielle de la population)

r(%)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
d=2%	ALT1 5-7						ALT2 12-13			ALT2 11-12				ALT2 10-11		
d=3%	ALT1 6-7						ALT2 11-13			ALT2 10-12				ALT2 9-11		
d=4%	ALT1 6-8						ALT2 10-12			ALT2 10-11				ALT2 9-10		
d=5%	ALT1 7-8						ALT2 10-12			ALT2 10-11				ALT2 9-10		
d=6%	ALT1 7-9						ALT2 10-12			ALT2 10-11				ALT2 9-10		

b. cas d'une économie d'échelle maximale ($C = K.L.\bar{D}^{0,8}$)

$$X = \frac{C_1 + C_2(1+r)^{-t}}{C_0 \left(\frac{P_0}{\pi} \right)^{1,2}}$$

Alors¹:

$$X(ALT1) = 1,77 (1+d)^{0,45T+0,75t} + 1,63 (1+r)^{-t} \cdot (1+d)^{-0,05t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{0,35}$$

$$X(ALT2) = 1,72 (1+d)^{1,2t} + 2,20 (1+d)^{0,85T} \cdot (1+r)^{-t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{0,35}$$

Tableau IX.12 DATES D'INDIFFÉRENCE
($\alpha = 0,8$; progression exponentielle de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
d = 2 %	>20	>20	20	19	15	10
d = 4 %	>20	>20	>20	20	11	7
d = 6 %	>20	20	20	12	8	6

Tableau IX.13 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=0,8$; progression exponentielle de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
d=2%	ALT1 6-11	ALT1 5-11	ALT1 5-10	ALT1 5-10	ALT1 5-9	ALT1/4-8 ou ALT2/10-12
d=4%	ALT1 8-11	ALT1 7-11	ALT1 7-10	ALT1 7-9	ALT1 6-9	ALT2 9-11
d=6%	ALT1 9-12	ALT1 8-11	ALT1 8-10	ALT1 8-10	ALT2 10-11	ALT2 9-10

¹ voir courbes représentatives en ANNEXE IX.3

c. cas d'une déséconomie d'échelle maximale ($C = K.L.D.^{1,2}$)

$$X = \frac{C_1 + C_2 (1+r)^{-t}}{C_0 \left(\frac{P_0}{\pi} \right)^{1,3}}$$

Alors¹:

$$X(ALT1) = 1,92 (1+d)^{0,7T+0,6t} + 1,7 (1+r)^{-t} \cdot (1+d)^{-0,1t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{1,1}$$

$$X(ALT2) = 1,85 (1+d)^{1,3t} + 2,49 (1+d)^{0,85T} \cdot (1+r)^{-t} \cdot [(1+d)^T - (1+d)^t]^{0,45}$$

Tableau IX.14 DATES D'INDIFFERENCE
($\alpha = 1,2$; progression exponentielle de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
d = 2 %	20	19	16	12	9	7
d = 4 %	>20	18	11	8	6	5
d = 6 %	>20	11	8	6	5	4

Tableau IX.15 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1,2$; progression exponentielle de la population)

r (%)	5	8	10	12	15	20
d=2%	ALT1 5-11	ALT1 5-11	ALT1 5-10	ALT1 5-10	ALT2 10-13	ALT2 10-13
d=4%	ALT1 8-12	ALT1 7-11	ALT1/7-10 ou ALT2/11-12	ALT2 10-12	ALT2 10-12	ALT2 9-11
d=6%	ALT1 9-12	ALT1/9-10 ou ALT2/11-12	ALT2 11-12	ALT2 10-11	ALT2 10-11	ALT2 9-10

¹ voir courbes représentatives en ANNEXE IX.3

C. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL DE DENSIFICATION

1. Description du modèle

Ce modèle est adapté de celui utilisé pour les réseaux de drainage fluvial presque partout séparé¹ tel que le décrit MANDELBROT.

La zone à desservir est un carré d'aire A. L'espace est considéré comme homogène et isotrope. On suppose en particulier que la densité de population est uniforme et le territoire plan.

Ce carré peut être subdivisé en N carrés jointifs constituant autant d'unités territoriales de consommation.

On suppose que toutes les unités sont identiques (notamment en regard de la demande) et les branchements situés au centre des carrés.

De la même manière que dans le modèle morpho-fonctionnel d'extension, les unités desservies peuvent représenter des quartiers, des groupes de parcelles, des parcelles ou des unités d'habitation et le réseau modélisé peut dès lors relever d'un des quatre niveaux de service suivants: *réseau de bornes-fontaines, de branchements collectifs ou semi-collectifs, de branchements sur cour, enfin de branchements particuliers.*

La figure IX.33 de la page suivante illustre la croissance d'un réseau suivant ce modèle, desservant successivement N = 1, 4 et 16 branchements.

2. Longueur totale L du réseau

La longueur ℓ d'un tronçon unitaire est reliée à la surface a d'une unité élémentaire de desserte par la relation:

$$a = 2 \ell^2$$

¹ MANDELBROT B. Les Objets Fractals - forme, hasard et dimension ; Nouvelle Bibliothèque Scientifique; Flammarion; Paris; 1975; p. 124

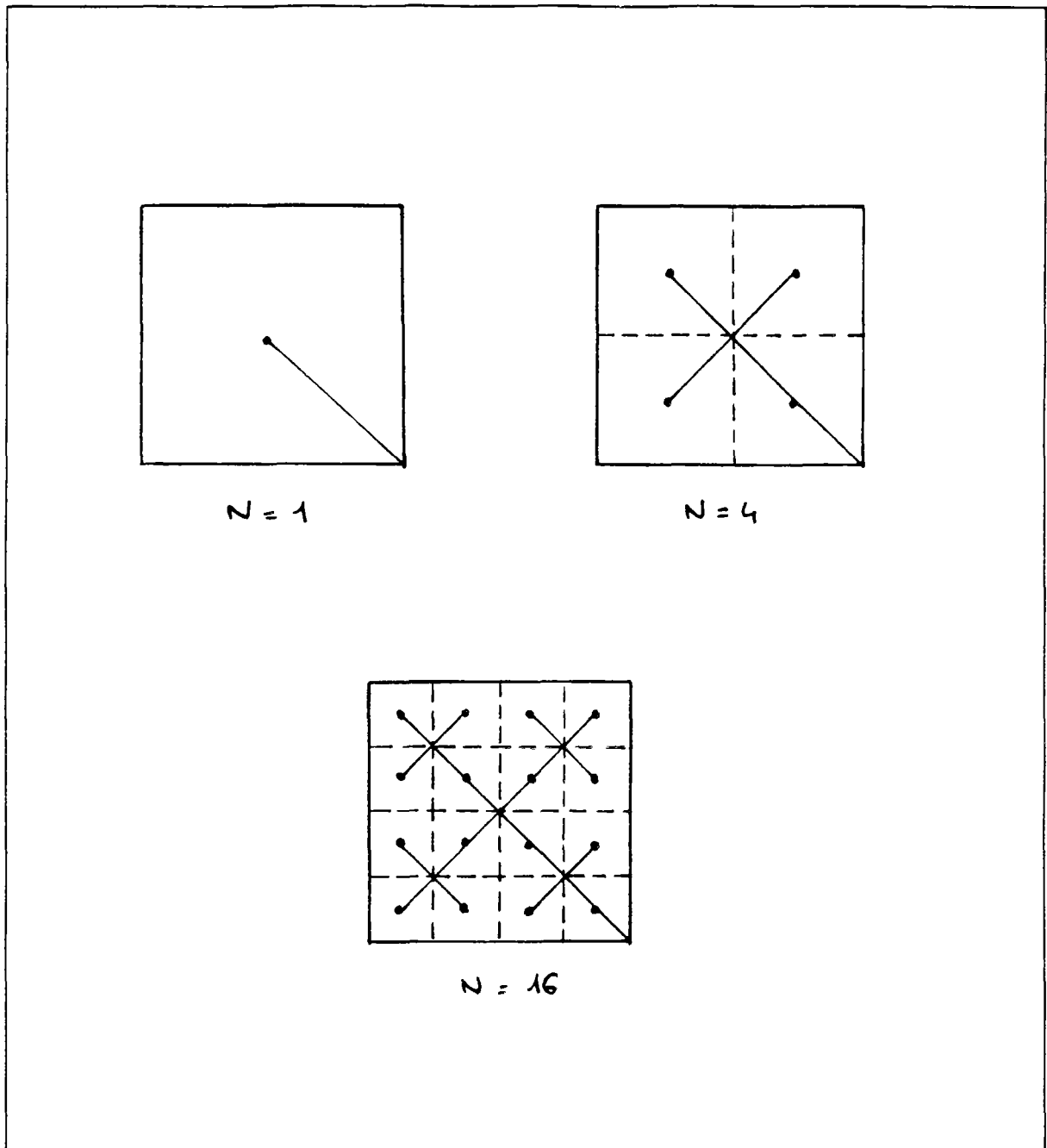


figure IX.33 MODELE MORPHO-FONCTIONNEL DE DENSIFICATION

D'où:

$$l = 71 A^{1/2} \cdot N^{-1/2} \quad (A \text{ en ha, } l \text{ en m}) \quad (1)$$

Si M désigne le nombre de tronçons élémentaires, une régression linéaire de M sur N (pour N compris entre 1 et 256) de la forme $M = K \cdot N^a$ a permis d'établir le modèle suivant:

$$M = 1,11 N^{1,03} \cdot \ell \quad r^2=0,9996 \quad \text{ESE}=2,1\%$$

d'où:

(A en ha)

$$L = 79 A^{0,50} \cdot N^{0,53}$$

Modèle 11 longueur totale du réseau

3. Diamètre moyen du réseau

Suivant la même méthode que pour le réseau d'extension, les D_i/D_0 ont été calculés par le programme d'optimisation pour 5 configurations du réseau ($N=1,4,16,64$ et 256) et une analyse de régression linéaire de \bar{D} sur N a permis d'établir le modèle suivant:

$$\bar{D} = 1,08 N^{0,22} \cdot D_0 \quad r^2=0,99 \quad \text{ESE}=4,5\%$$

Rappelons par ailleurs que:

$$D_0 = 0,25 H^{-0,21} \cdot \ell^{0,21} \cdot q^{0,375} \quad (q \text{ en l/j/branch}^{\pm}, D_0 \text{ en mm})$$

d'où, en remplaçant ℓ par son expression établie plus haut:

$$\bar{D} = 0,66 H^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (\text{FQP})^{0,375} \cdot N^{-0,26}$$

Modèle 12 diamètre moyen du réseau

A en ha
Q en l/j/hab[±]
H en m
 \bar{D} en mm

4. Comparaison avec le modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al. et avec le modèle morpho-fonctionnel d'extension

a. longueur totale optimale

Modèle de LAURIA, KOLSKY et al.:

$$L = 82 A^{0,49} \cdot N^{0,55}$$

Modèle morpho-fonct^{el} d'extension:

$$L = 90 A^{0,50} \cdot N^{0,51}$$

Modèle morpho-fonct^{el} de densification:

$$L = 79 A^{0,50} \cdot N^{0,53}$$

Comme le modèle morpho-fonctionnel d'extension et pour les mêmes raisons, le modèle de densification sous-évalue en fait systématiquement la longueur totale minimale du réseau. Il est cependant plus proche du modèle de LAURIA et KOLSKY.

b. diamètre moyen optimal

Modèle de LAURIA, KOLSKY et al.:

$$\bar{D} = 2,70 H^{-0,23} \cdot A^{0,10} \cdot (FQ)^{0,38} \cdot P^{0,23} \cdot N^{-0,20}$$

Modèle morpho-fonct^{e1} d'extension:

$$\bar{D} = 0,70 H^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (FQP)^{0,375} \cdot N^{-0,21}$$

Modèle morpho-fonct^{e1} de densification:

$$\bar{D} = 0,66 H^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (FQP)^{0,375} \cdot N^{-0,26}$$

Les deux modèles morpho-fonctionnels donnent ici encore des résultats très proches. Comme nous l'avons signalé pour le modèle d'extension, l'erreur par rapport au modèle de LAURIA et KOLSKY demeure faible si toutefois la population est de l'ordre de plusieurs milliers. Les raisons de cette erreur systématique pour de petits réseaux ont été exposées précédemment¹.

5. ALTERNATIVE 1: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et de densification

a. réseau de premier établissement

Desservant les N_1 branchements prévus à la date t , le réseau de premier établissement est calibré en fonction des besoins de fin d'horizon de planification (année T).

$$L_1(\text{alt1}) = 1,11 N_1^{1,03} \cdot l \quad r^2=0,9996$$

soit:

$$L_1(\text{alt1}) = 79 A^{0,50} \cdot N_1^{0,53}$$

Modèle 13 Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1

¹ voir supra, page 312

Comme pour le modèle d'extension, le réseau final desservant N_2 branchements a d'abord été dimensionné en appliquant le programme de dimensionnement optimal. $\bar{D}_1(\text{alt1})$ a ensuite été obtenu par régression linéaire multiple sur les diamètres des seuls tronçons du réseau final desservant les N_1 premiers branchements:

$$\bar{D}_1(\text{alt1}) = 1,06 N_2^{0,51} \cdot N_1^{-0,27} \cdot D_0 \quad r^2=0,9972 \quad \text{ESE}=3,4\%$$

soit:

$$\bar{D}_1(\text{alt1}) = 0,63 H_2^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (F_2 Q_2 P_2)^{0,375} \cdot N_1^{-0,27} \cdot N_2^{0,03}$$

Modèle 14 diamètre moyen optimal
du réseau de premier établissement
dans le cas de l'alternative 1

b. réseau de densification

Le diamètre moyen des canalisations installées en deuxième phase, comme celui du réseau de première phase, est déduit des résultats du dimensionnement du réseau final par régression sur les D_1 des seuls tronçons ajoutés en deuxième phase. On obtient:

$$L_2(\text{alt1}) = 1,32 (N_2 - N_1)^{2,04} \cdot N_2^{-1,55} \cdot \ell \quad r^2=0,9975 \quad \text{ESE}=4,4\%$$

soit:

$$L_2(\text{alt1}) = 93 A^{0,5} \cdot (N_2 - N_1)^{2,04} \cdot N_2^{-2,05}$$

Modèle 15 Longueur du réseau de
densification dans le cas de
l'alternative 1

et:

$$\bar{D}_2(\text{alt1}) = 0,91 N_2^{0,20} \cdot N_1^{-0,18} \cdot D_0 \quad r^2=0,9952 \quad \text{ESE}=1,9\%$$

soit:

$$\bar{D}_2(\text{alt1}) = 0,97 H_2^{-0,21} \cdot A^{0,10} \cdot (F Q_2 P_2)^{0,375} \cdot N_1^{-0,18} \cdot N_2^{-0,28}$$

Modèle 16 Diamètre moyen optimal du réseau de densification
dans le cas de l'alternative 1

6. ALTERNATIVE 2: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et de densification

a. réseau de premier établissement

De ce qui précède¹, il vient:

$$L_1(\text{alt2}) = 79 A^{0,50} \cdot N_1^{0,53}$$

Modèle 17 Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1

$$\bar{D}_1(\text{alt2}) = 0,66 H_1^{-0,21} \cdot A^{0,105} \cdot (F_1 Q_1 P_1)^{0,375} \cdot N_1^{-0,26}$$

Modèle 18 diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1

b. réseau de densification

Le calcul des diamètres des canalisations devenues insuffisantes en seconde phase nécessite une adaptation du programme de calcul.

Le coût des réseaux de première phase et de densification, ainsi que l'étude du phasage optimal ne pourront être effectués que lorsque cette difficulté sera surmontée.

¹ voir supra, C.2 et C.3 pages 337 et 338

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
DE LA TROISIEME PARTIE

AUSTIN T.A., ROBINSON R.B. "Cost Optimization of Rural Water Systems", In Journal of the Hydraulics Division; American Society of Civil Engineers; H.Y. 8; 1976

BEDEK P. Le service urbain de l'eau à Ouagadougou-approche économique et territoriale ; Institut d'Urbanisme de Paris; DEA "Aménagement et Politiques Urbaines"; CERGRENE; 1987; 82 p. + Annexes

BRISCOE J. "The Use of Public Resources for Water Supply and Sanitation Projects in Developing Countries", In Aqua, Vol. 36, n° 3, 1987, pp 137-143

CHOQUET G. Cours d'analyse, Tome II: Topologie; Masson Ed.; Paris 1973; p. 208

Commission des Communautés Européennes Evaluation sectorielle ex-post des Projets d'Approvisionnement en Eau en Milieu Urbain et Villageois , Bruxelles, 1978

ELMENDORF M., BUCKLES P. Sociocultural aspects of water supply and excreta disposal série "Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation"; Vol. 5, Banque Mondiale, Washington, 1980, 52 pages + annexes

INSTITUT DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE Notes de Cours: Analyse de Moindre Coût Economique, Série Documents d'Etude, BIRD, 1982, 34p

KATKO T. The Role of Cost Recovery in Water Supply in Developing Countries, Tampere University of Technology, Institute of Water and Environmental Engineering, rapport n A 41, Tampere (Finlande), 1989, 246 pages

KATZMAN M.T. "Income and Price Elasticities of Demand for Water in Developing Countries", In Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, Vol. 13, n°1, 1977, pp 47-55

KEMAYOU M.C. GODARD M.H. Optimisation des réseaux de distribution dans les petites villes à urbanisation rapide sans plan d'urbanisme fiable; Société Nationale des Eaux du Cameroun; Premier Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; 1980

KINNEAR J. "Khartoum Squatter Costs Counted", In World Water, vol. 10, n°11, 1987

LAI F. SHAAKE J.C. A Model for Capacity Expansion Planning of Water Distribution Networks; Ralph Parsons Laboratory; Massachussets Institute of Technology; Cambridge; Report n°131; 1970

LAUGERI L. Tariff Structures in Water Supply, OMS, ETS 82.2, Communication présentée au Congrès de l'A.I.D.E., 8 sept. 1982, Zürich, Suisse, 1982, 6 p.

LAURIA D.T., KOLSKY P., HEBERT P.V., MIDDLETON R. Design of Low-Cost Water-Supply Distribution Systems; Série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Banque Mondiale, Washington, 1980

LAURIA D.T., HEBERT P.V. Optimal Staging and Upgrading of Community Water-Supply in Developing Countries; Série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Banque Mondiale, Washington, 1981

LAURIA D.T., DEMKE Costs of Alternative Water-Supply and Sanitation Services in Brazil; Banque Mondiale; Washington; 1981

LEKANE T.M., HELLEMANS D.E., WHITWAM C.M. "Long-term Optimization Model of Tree-Water Networks"; In European Journal of Operations Research; Vol. 4; n°1; 1980

MARGAT J., ERHARD-CASSEGRAIN A. Introduction à l'Economie Générale de l'Eau, Masson, Paris, 1983

MEROZ A. A Quantitative Analysis of Urban Water Demand in Developing Countries, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Département Economie, Working Paper n°17, 1968

MOREL A L'HUISSIER A. La gestion des équipements collectifs à Ebolowa (Cameroun) Travail de Fin d'Etudes, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Paris, 1982

MOREL A L'HUISSIER A., ROCHE P.A. Prospective des demandes en eau potable: état de l'art, Communication présentée au Séminaire de la Direction de l'Hydraulique, Ministère de l'Equipement du MAROC, Rabat, octobre 84, CERGRENE, 32 pages + annexes

MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu dans les pays en développement, Rapport Intermédiaire, Programme Interministériel REXCOOP, Secrétariat Permanent du Plan Urbain, CERGRENE, ENPC, Paris, 1986, 196 pages

MU X., WHITTINGTON D., BRISCOE J. Modelling Village Water Demand Behaviour: A Discrete Approach, WASH, 1988

PONSARD C. (sous la direction de) Analyse économique spatiale; Presses Universitaires de France, Paris, 1988

RINGSKOG K. Planification pragmatique de l'approvisionnement en eau, Banque Mondiale, Washington, 1979

ROBINSON R.B., AUSTIN T.A. "Cost Optimization of Rural Water Systems" In Journal of the Hydraulics Division; American Society of Civil Engineers; H.Y.8; 1976

SCHAAKE J.C., LAI F. Linear Programming and Dynamic Programming Application to Water Distribution Network Design, Hydrodynamics Lab., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Report n°116, 1969

Société d'Energie et d'Eau du Gabon Projet d'aménagement et d'entretien des bornes-fontaines dans les quartiers non urbanisés de Libreville; Libreville; Gabon; 1972

WEBER A. Über den Standort der Industrien, Tübingen, Verlag Mohr., 1909; trad. angl. FRIEDRICH C.J. Alfred Weber's Theory of the Location of Industries, Chicago, University of Chicago Press, 1929-1957

WHITE G.F., BRADLEY D.J., WHITE A.U. Drawers of Water. Domestic Water Use in East Africa, The University of Chicago Press, Chicago et Londres, 1972, 306 pages

WHITFORD P.W. Forecasting demand for urban water supply, Stanford University; Report EEP-36, Sept. 1970

WHITTINGTON D., BRISCOE J., MU X. Willingness to pay for water in rural areas: Methodological approaches and an application in Haiti; Field Report 213; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1987; 93p

CONCLUSION GENERALE

Ainsi que plusieurs chercheurs l'ont souligné, le circuit urbain de l'eau est l'objet d'une attention décroissante de l'amont vers l'aval, c'est-à-dire de la production vers la distribution et, plus loin, au traitement des eaux usées. Comme Henri Coing l'a montré, les réponses techniques aux problèmes de distribution sont plus faciles à formuler en termes d'ajustement de la production et l'on préfère considérer comme donnée la structure d'une demande que l'on ne contrôle ou ne maîtrise ni qualitativement ni dans sa localisation. La trop grande rareté des études sur l'approvisionnement en eau des populations non raccordées au réseau public confine au tabou, dit Daniel Faudry, qui ajoute avec justesse que ce tabou est la contrepartie du discours officiel en termes quantitatifs sur les objectifs de desserte et de son présupposé d'une solution technique prochaine unique pour tous¹.

Or, ce que l'on pouvait pressentir lorsque parurent les bilans de la Décennie à mi-parcours et que l'on commença ce travail s'impose désormais comme une évidence: le raccordement domiciliaire pour tous demeurera encore longtemps un objectif hors de portée.

Nous avons en effet montré que les conditions d'attribution des branchements dits "sociaux" ainsi que les dispositions financières qui peuvent être adoptées dans le cadre d'une telle opération excluent de fait la population qui serait supposée en bénéficier.

Alors que les publications se contentent généralement d'affirmer la nécessité de mettre en oeuvre des technologies "appropriées" ou à moindre coût, il nous a semblé préférable d'étudier au préalable les technologies développées hors réseau, ou à la marge de celui-ci, par les populations elles-mêmes. En Afrique notamment, les ménages ne peuvent être considérées seulement comme des unités de consommation: elles sont aussi des unités de production. La redistribution de l'eau que les ménages raccordés opèrent en revendant l'eau à leurs locataires ou à leurs voisins plus ou moins éloignés en témoigne. Si l'on admet que l'approvisionnement collectif ou

¹ FAUDRY D. Les problèmes d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement dans les villes d'Amérique Latine; Plan Urbain; IREP-CEPS; 1987, page 38

semi-collectif peut seul répondre aux besoins en eau des plus pauvres à moyen ou long terme -et un consensus toujours plus large semble se dessiner autour de cette opinion- il s'agit de reconnaître les potentialités du secteur redistributif et ses limites.

Nous avons montré à cet égard que:

- le niveau de service assuré par les opérateurs de la redistribution n'est pas aussi médiocre qu'on l'affirme généralement. Ceux-ci offrent une large gamme de services, souvent mieux adaptés aux besoins des usagers que ceux proposés par les systèmes de distribution, notamment aux bornes-fontaines publiques. La redistribution permet aussi de pallier les lacunes spatiales et temporelles de la desserte par canalisations;
- la technologie mise en oeuvre dans les systèmes redistributifs, caractérisée par une forte intensité en main d'oeuvre et une faible intensité en capital, se révèle adaptée aux conditions économiques qui prévalent;
- le coût d'accès à ce secteur, très élevé si on le rapporte à l'unité consommée, représente pour l'utilisateur le prix à payer pour se garantir un approvisionnement minimal en dépit de toutes sortes d'incertitudes qui pèsent sur ses conditions de vie (revenus, déplacements, statut d'occupation foncière, climat, etc.);
- l'instauration de contrats de gestion déléguée pour les bornes-fontaines par affermage ou concession à des particuliers ou à des comités de quartier permet de contrôler et de réguler les systèmes redistributifs avec souplesse, tout en conservant ses formes principales et les avantages qui leur sont liés.

La plupart des outils de conception et de planification des systèmes de distribution d'eau potable reposent sur le principe d'une desserte domiciliaire. Ainsi que nous l'avons vu, les méthodes d'analyse de la demande ou de tarification mènent ainsi à de sérieuses distorsions de l'efficacité économique faute de prendre en compte les pratiques de redistribution de l'eau. Nous avons donc jeté les bases d'une mise au point d'outils d'analyse de la demande, de planification et d'optimisation économique susceptibles de prendre en compte les relations de concurrence / complémentarité entre les divers modes d'approvisionnement des ménages à faibles revenus: bornes-fontaines, achat d'eau au voisin, livraison à domicile et les puits privatifs) ainsi que les rapports coûts-distances qui les caractérisent et qui déterminent les comportements de la majorité de ces ménages.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ouvrages généraux

Agence Coopération et Développement "Développement urbain et distribution de l'eau", In l'Eau et la Ville; ACA; Paris; 1983

AGIER M. "Un secteur très structuré" In Capitales de la couleur, revue AUTREMENT, Paris, octobre 1984

AUSTIN T.A., ROBINSON R.B. "Cost Optimization of Rural Water Systems", In Journal of the Hydraulics Division; American Society of Civil Engineers; H.Y. 8; 1976

AZEVEDO NETTO J.M. "Low-cost Distribution Systems" in International Training Seminar on Community Water-Supply in Developing Countries; Amsterdam; 1976

BANQUE MONDIALE Approvisionnement en eau et évacuation des déchets, Série Pauvreté et Besoins essentiels, Paris, 1980

BEN AKIVA M., LERMAN S. Discrete Choice Analysis, Theory and Application to Travel Demand, MIT Press, Cambridge, Mass., 1985

BONFILS L. Rapport de Mission auprès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau, S.L.E.E./OMS, 1982, 9 pages + Annexes

BRISCOE J. "The Use of Public Resources for Water Supply and Sanitation Projects in Developing Countries", In Aqua, Vol. 36, n°3, 1987, pp 137-143

BROMLEY R. "The Urban Informal Sector" In World Development, Vol. 6, n°9-10, sept.-oct. 1978

CAIRNCROSS S., FEACHEM R. Environmental Health Engineering in the Tropics; 1983

CHAPPEY M. "Systèmes de tarification en Afrique", In Aqua, vol. 29, n°2, pp. 13-26, 1980

COING H., MONTANO I. Le service d'eau potable dans les villes du Tiers-Monde - Modes de gestion et d'organisation; Plan Urbain; Centre d'Enseignement et de Recherches Techniques et Sociétés; E.N.P.C.; Paris; 1985; 86 pages

COING H., De LARA P., MONTANO I. Privatisation et régulation des services urbains - une étude comparative (Argentine, Brésil, Sénégal); Plan Urbain; Laboratoire Techniques Territoires Sociétés; ENPC; Paris; 1989; 275 pages

Commission des Communautés Européennes Evaluation sectorielle ex-post des Projets d'Approvisionnement en Eau en Milieu Urbain et Villageois, Bruxelles, 1978

CORBIER C. Rapport de Mission Banque Mondiale et Recherche sur l'Alimentation en Eau Potable des Périphéries Urbaines dans les PVD; Coopération et Aménagement, Cellule Environnement; 1984; 41 pages + annexes

De VEYRAC C. Réflexions sur l'alimentation en eau potable dans les PVD; Projet de Fin d'Etudes de l'E.N.P.C.; Paris; 1980

DUPUY G. Systèmes, réseaux et territoires; Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées; Paris, 1985, 168 pages

DWORKIN D. Community water supply in developing countries: Lessons from experience; Project Impact Evaluation Report 7; U.S. Agency for International Development; Washington, D.C.; 1982

ELMENDORF M., BUCKLES P. Sociocultural aspects of water supply and excreta disposal série "Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation"; Vol. 5, Banque Mondiale, Washington, 1980, 52 pages + annexes

FALL A.B. "La tarification de l'eau" In Bulletin d'Informations de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; n°12; 1985

FAUDRY D. Les problèmes d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement dans les villes d'Amérique Latine; Plan Urbain; IREP-CEPS; 1987

FAUDRY D. "L'impossible recouvrement des coûts dans les villes latino-américaines", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 377 à 382

GALLODAY F.L. Meeting the needs of the poor for water supply and waste disposal; Série "Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation", Vol. 13; Banque Mondiale; Washington; 1983

GLENNIE C. A Model for the Development of a Self-Help Water-Supply Program; 1982

GOUARNE V. "La pratique des études de tarification de l'eau dans les PVD" In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 542 à 552

HOPKINS A.G. An economic history of West Africa, Longman Ed., Londres, 1973

HUGON P., NHÛ LÊ A., MORICE A. La petite production marchande et l'emploi dans le secteur informel, I.E.D.E.S., Paris, 1977-1978

INSTITUT DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE Notes de Cours: Analyse de Moindre Coût Economique, Série Documents d'Etude, BIRD, 1982, 34p

KATKO T. Vesihuollon kehittämissä Malawissa (Water Supply and Sanitation in Malawi), Finnish Civil Engineering and Construction Journal, Vol. 42, n°5, pp 355-359 (Original en finnois, résumé en anglais), 1986

KATKO T. The Role of Cost Recovery in Water Supply in Developing Countries, Tampere University of Technology, Institute of Water and Environmental Engineering, rapport n°A 41, Tampere (Finlande), 1989, 246 pages

KATZMAN M.T. "Income and Price Elasticities of Demand for Water in Developing Countries", In Water Resources Bulletin, American Water Resources Association, Vol. 13, n°1, 1977, pp 47-55

KEMAYOU M.C. GODARD M.H. Optimisation des réseaux de distribution dans les petites villes à urbanisation rapide sans plan d'urbanisme fiable; Société Nationale des Eaux du Cameroun; Premier Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; 1980

LAI F. SHAAKE J.C. A Model for Capacity Expansion Planning of Water Distribution Networks; Ralph Parsons Laboratory; Massachussets Institute of Technology; Cambridge; Report n°131; 1970

LAUGERI L. Tariff Structures in Water Supply, OMS, ETS 82.2, Communication présentée au Congrès de l'A.I.D.E., 8 sept. 1982, Zürich, Suisse, 1982, 6 p.

LAUGERI L. "Towards the targets: an overview of progress in the first five years of the International Drinking Water Supply and Sanitation Decade", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 554 à 562

LAUGERI L. "L'eau chère aux pauvres", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 563 à 579

LAURIA D.T., KOLSKY P., HEBERT P.V., MIDDLETON R. Design of Low-Cost Water-Supply Distribution Systems; Série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Banque Mondiale, Washington, 1980

LAURIA D.T., HEBERT P.V. Optimal Staging and Upgrading of Community Water-Supply in Developing Countries; Série Appropriate Technology for Water Supply and Sanitation, Banque Mondiale, Washington, 1981

LAURIA D.T., DEMKE Costs of Alternative Water-Supply and Sanitation Services in Brazil; Banque Mondiale; Washington; 1981

LEKANE T.M., HELLEMANS D.E., WHITWAM C.M. "Long-term Optimization Model of Tree-Water Networks"; In European Journal of Operations Research; Vol. 4; n°1; 1980

Le marché des canalisations d'eau potable en Afrique dans le cadre de la Décennie de l'eau - UADE - Congrès de Libreville - 10-15 juin 85; Livre Blanc présenté par Pont-à-Mousson SA;

MAACK S. C. "Bornes-Fontaines: la dynamique du facteur humain dans l'aménagement urbain" In Environnement Africain, Vol. I, n° 4; ENDA; Dakar; 1975

MAC GEE T.C. Policies for the Urban Informal Sector of the Less Developed Countries, The Australian National University, Canberra, 1974

MARGAT J., ERHARD-CASSEGRAIN A. Introduction à l'Economie Générale de l'Eau, Masson, Paris, 1983

MARIE A. "Marginalité et conditions sociales du prolétariat urbain en Afrique. Les approches du concept de marginalité et son évaluation critique"; In Cahiers d'Etudes Africaines; no 81-83; XXI; 1-3; 1982

MEROZ A. A Quantitative Analysis of Urban Water Demand in Developing Countries, Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement, Département Economie, Working Paper n° 17, 1968

MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau des quartiers populaires dans les villes des P.E.D., D.E.A. "Technique et Gestion de l'Environnement", E.N.P.C., CERGRENE, Paris, 1984

MOREL A L'HUISSIER A., ROCHE P.A. Prospective des demandes en eau potable: état de l'art, Communication présentée au Séminaire de la Direction de l'Hydraulique, Ministère de l'Équipement du MAROC, Rabat, octobre 84, CERGRENE, 32 pages + annexes

MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu dans les pays en développement, Rapport Intermédiaire, Programme Interministériel REXCOOP, Secrétariat Permanent du Plan Urbain, CERGRENE, ENPC, Paris, 1986, 196 pages

MOREL A L'HUISSIER A. "Distribution sociale de l'eau en Afrique Noire: comparaison des performances économiques des systèmes distributifs et redistributifs", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 déc. 1988, Presses de l'ENPC

MOUIRI G. Les bornes-fontaines en Afrique; UADE; Congrès de Libreville, 10-15 juin 85; Livre Blanc présenté par la Société d'Énergie et d'Eau du Gabon;

MU X., WHITTINGTON D., BRISCOE J. Modelling Village Water Demand Behaviour: A Discrete Approach, WASH, 1988

MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Shadow pricing and the evaluation of public utility projects, The World Bank, Washington D.C., 1977

MUNASINGHE M., WARFORD J.J. Electricity pricing, John Hopkins Press, Baltimore, 1982

MUNASINGHE M. Principles of Water Supply Pricing in Developing Countries, LAC N IDP-19, The World Bank, Washington D.C., 1988

MUNASINGHE M. "Contemporary Water Supply Efficiency in Developing Countries", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 589 à 606

OKUN D.A. "The price of water in urban areas of developing countries", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 458 à 467

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) - International Reference Centre for Community Water Supply; Technical Paper Series n°13: Public Standpost Water Supplies et n°14: Public Standpost Water Supplies: a design manual; 1979

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade - Review of National Progress, Genève, 1987, 181 pages

Organisation Mondiale de la Santé (OMS) International Drinking Water Supply and Sanitation Decade: Towards the Targets (an overview of progress in the first five years of the IDWSSD), WHO Community Water Supply and Sanitation Unit, Genève, Suisse, 1988, 15 pages

Organisation des Nations Unies (ONU) Actes des Travaux du Groupe d'Experts sur la Tarification de l'Eau, réunis à Bangkok, Thaïlande, du 13 au 19 mai 1980, Commission Economique et Sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP), Water Resources Series, n°55, 1981, 83 pages

PONSARD C. (sous la direction de) Analyse économique spatiale; Presses Universitaires de France, Paris, 1988

POULIQUEN Y. Major Issues in the Water and Sanitation Sector; Banque Mondiale; Infrastructure and Urban Development Department; Décembre 1988; 6 p.

PRUD'HOMME R. "Les implications économiques d'un système de production et de distribution de l'eau: le cas de Caracas", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville", Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses de l'ENPC; 1988; pp 487 à 499

RINGSKOG K. Planification pragmatique de l'approvisionnement en eau, Banque Mondiale, Washington, 1979

ROBINSON R.B., AUSTIN T.A. "Cost Optimization of Rural Water Systems" In Journal of the Hydraulics Division; American Society of Civil Engineers; H.Y.8; 1976

ROMANN D., BAEHREL C. Manuel d'urbanisme pour les pays en développement - Volume 5: les infrastructures; Coopération et Aménagement; Ministère des Relations Extérieures; Paris; 1985

ROTH G. The Private Provision of Public Services in Developing Countries, EDI Series in Economic Development, publié pour la Banque Mondiale par Oxford University Press, Washington, 1987, 282 pages

ROURE J. Les bornes-fontaines en milieu tropical africain, In Informations et Documents, BCEOM, n° 10, 1973, pp. 15-26

SANTOS M. L'espace partagé; les deux circuits de l'économie urbaine des pays sous-développés, ed. M.T. GENIN, Librairies Techniques, Paris, 1975

SAUNDERS R.J., WARFORD J.J. L'alimentation en eau des communautés rurales, publié pour la Banque Mondiale par Economica, Paris, 1976, 279 pages

SCHAAKE J.C., LAI F. Linear Programming and Dynamic Programming Application to Water Distribution Network Design, Hydrodynamics Lab., Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Report n°116, 1969

SECK N. "Rapport Général session n 2 Les Branchements Sociaux"; In Actes du V^{ème} Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; Libreville; 10-15 juin 85;

SECK N. "Les branchements sociaux" In Water Supply; Vol 3, n°4; 1985

SILVA H. Methodology for the Selection of Appropriate Technology of Water Distribution Systems in Less Developed Countries; Dissertation for PhD; University of Oklahoma Graduate College; Norman, Oklahoma; 1984, 249 p.

THEVENON J.P. "La tarification peut-elle seule assurer la perennité du service d'eau dans les pays à faible revenu?", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 620 à 624

VALIRON F. Gestion de l'Eau tome I, Presses de l'ENPC, Paris, 1986

VAN DAMME H.M.G., WHITE A. "Technology choices for the decade"; In Water and Sanitation: Economic and Sociological Perspectives; édité par P.G. Bourne, Globe Water, Academic; San Diego, Californie; 1984

VAN DIJK P. Le secteur informel de Dakar et Le secteur informel de Ouagadougou, collection Villes et Entreprises, L'Harmattan, Paris, 1986

WARFORD J.J., JULIUS D.S. "Water Rate Policy: Lessons from Less Developed Countries" In Journal of the American Water Works Association, n°77; 1979

WHITE G.F., BRADLEY D.J., WHITE A.U. Drawers of Water. Domestic Water Use in East Africa, The University of Chicago Press, Chicago et Londres, 1972, 306 pages

WHITFORD P.W. Forecasting demand for urban water supply, Stanford University; Report EEP-36, Sept. 1970

WHITTINGTON D., BRISCOE J., MU X. Willingness to pay for water in rural areas: Methodological approaches and an application in Haiti; Field Report 213; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1987; 93p

WHITTINGTON D., LAURIA D., OKUN D., MU X. An assessment of water vending activities in developing countries; Technical Report 45; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1988; 53p

WHITTINGTON D., BRISCOE J., MU X. "Modeling Village Water Demand Behavior: A Discrete Choice Approach" In Water Resources Research; Vol. 26; n°4; pages 521-529; 1990

YEPES G. "Water Supply and Sewerage in Latin America", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, pp 625 à 639

ZAROFF B., OKUN D.A. "Water Vending in Developing Countries", In Aqua n°5, 1984, pages 289-295

2. Etudes de cas

Alimentation en eau potable, urbaine et villageoise, dans les centres de l'intérieur, Cahier des Charges d'Affermage, Ministère de l'Hydraulique, Abidjan, 24 juin 1974

Alimentation en eau potable d'Abidjan. Etude de viabilité. Rapport n°6

Alimentation en Eau Potable d'Abidjan. Annexe 2: Les besoins en eau

AMZERT M. La distribution d'eau potable dans la Wilaya de Tipaza: le rôle d'une politique de "vérité des prix" imposée par les bailleurs de fonds; Plan Urbain; Laboratoire ASTER; Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat; Vaulx-en-Velin; 1989

BAEHREL C., PENDARIA D. Projet Plan Directeur d'Urbanisme de Niamey - Rapport d'analyse: Eau et Assainissement; Paris; Agence Coopération et Aménagement; 1982

BANQUE MONDIALE Rapport d'Evaluation du Projet d'Alimentation en Eau Potable de Lomé, avril 1983

BCEOM, BRGM Alimentation en Eau de Lomé: analyse de la demande ; Direction de l'Hydraulique et de l'Energie ; Lomé; octobre 83; 31 pages

BCET - SCET IVOIRE Projet de Développement Urbain des Villes de l'Intérieur 1981-1983: Korhogo - Programme de restructuration; Annexe socio-économique; Abidjan; 1980, 43p.

BCET Alimentation en Eau Potable de la Ville de Korhogo: Avant-Projet; Direction Centrale de l'Hydraulique; Abidjan; décembre 1980; 10 p.

BCET - SAFEGE Alimentation en Eau Potable - Tranche 1983-1984 - Ville de Korhogo; Plans au 1/5 000ème et au 1/2 000ème; Direction Centrale de l'Hydraulique; Abidjan; 1983

BEDEK P. Le service urbain de l'eau à Ouagadougou-approche économique et territoriale ; Institut d'Urbanisme de Paris; DEA "Aménagement et Politiques Urbaines"; CERGRENE; 1987; 82 p. + Annexes

BEDEK P, MOREL A L'HUISSIER A. L'eau pour tous dans les villes africaines: innovations à Ouagadougou; CERGRENE; Ecole Nationale des Ponts et Chaussées; 1987; 18p

BODARD T. "Du Réseau au Bombeador: l'alternative critique pour l'eau potable", In DUPUY G. La crise des réseaux d'infrastructures: le cas de Bueno Aires; Laboratoire Techniques Territoires Sociétés; E.N.P.C.; Paris; 1987; pp 27-93

BRUN D. "Coût et prix de l'eau à Alger", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988 ; 670 pages, pp 343 à 366

BRUNSTEIN F. "Situacion del agua potable y saneamiento en el Area Metropolitana de Bueno Aires. Sintesis de Investigacion", In Actes du Colloque CIUDAGUA 88; Montevideo; 31 juillet-6 août 1988

CHARLET Dr Etude des différents impacts du Programme d'Education Sanitaire pour l'emploi de l'eau potable; Institut National de Santé Publique; Abidjan; 1984

CHEVASSU J.M., PITAUD G. Investissements publics dans l'hydraulique et gestion des conflits pour l'accès à l'eau: le cas du Maroc; Plan Urbain; Centre d'Economie Régionale de l'Université d'Aix-Marseille III - ORSTOM; 1989

COING H., De LARA P., MONTANO I. Privatisation et régulation des services urbains - une étude comparative (Argentine, Brésil, Sénégal); Plan Urbain; Laboratoire Techniques Territoires Sociétés; ENPC; Paris; 1989; 275 pages

Commission des Communautés Européennes Evaluation sectorielle ex-post des Projets d'Approvisionnement en Eau en Milieu Urbain et Villageois, Bruxelles, 1978

DIANZINGA F. L'eau dans Brazzaville et les services publics de l'eau: réflexions sur l'adaptation d'une organisation technique à son environnement social, culturel et urbain; Thèse de 3ème cycle; I.U.P. Grenoble; 1984

DIANZINGA F. Bilan à mi-parcours de la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement: Dakar, Abidjan; Secrétariat Permanent du Plan Urbain; Paris; 1986

DIEKUMPUNA SITA J. L'approvisionnement en eau des quartiers spontanés à Ouagadougou; Paris; SMUH; 1978

DWORKIN D. Kenya rural water supply: Programs, progress and prospects; Project Impact Evaluation Report 5; U.S. Agency for International Development; Washington, D.C.; 1980

DWORKIN D. et al. The potable water project in rural Thailand; Project Impact Evaluation Report 3; U.S. Agency for International Development; Washington, D.C.; 1980

FALL A.B. "La tarification de l'eau au Sénégal", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988; 670 pages, pp 535 à 541

FAUDRY D. Les problèmes d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement dans les villes d'Amérique Latine; Plan Urbain; IREP-CEPS; 1987

FAUDRY D. "L'impossible recouvrement des coûts dans les villes latino-américaines", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988; 670 pages, pp 377 à 382

GAUFF Ingenieure Adduction des Centres de Côte d'Ivoire: rapport sanitaire; Ministère des Travaux Publics et des Transports; Direction de l'Eau; Abidjan; 1984

GHOOPRASERT W., Communication Personnelle, Provincial Waterworks Authority, Thaïlande, 1989

GOLDENBERG N.R. L'eau et l'assainissement à Brasilia; Thèse de Docteur-Ingénieur; Institut d'Urbanisme de Paris; Université Paris XII; 1981

Gouvernement du Togo Plan Décennal de Développement du secteur Alimentation en Eau Potable et Assainissement; Lomé; mai 1984

HENRY A. Distribution sociale de l'eau potable (Bornes-fontaines et branchements sociaux) - Ville de Banqui (RCA), Caisse Centrale de Coopération Economique, Paris, 1986, 3 pages + 6 Annexes

HUBBELL L.K. The residential demand for water and sewerage service in developing countries: A case study of Nairobi; Urban Regional Report 77-14; Dev. Econ. Depart.; Banque Mondiale; Washington D.C.; 1977

JAGLIN S., KOANDA S. "Gestion partagée et prix de l'eau potable à Ouagadougou" In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988, pp 404 à 412

KINNEAR J. "Khartoum Squatter Costs Counted", In World Water, vol. 10, n°11, 1987

LACOSTE X., COING H. La distribution d'eau à Rabat - Organisation, Gestion et Pratiques des Habitants; Secrétariat Permanent du Plan Urbain; Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés, E.N.P.C.; Paris; 1987; 161 pages +Annexes

LACOSTE X., RAFIK A. "Tarification sociale et coût de l'eau au Maroc: le cas de l'agglomération de Rabat", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, ENPC, CEFIGRE, 6-8 décembre 1988 ; Presses des Ponts et Chaussées, Paris, 1988; 670 pages, pp 425 à 431

LACOSTE X. Les communes et la distribution d'eau potable dans l'agglomération de Rabat-Salé, Maroc; Plan Urbain; Laboratoire Techniques Territoires et Sociétés; E.N.P.C.; Paris; 1990

LAHMEYER International Approvisionnement en eau de la Ville de Ouagadougou: étude de fiabilité; Ministère de l'eau; ONEA; Ouagadougou; 1986; 5 Vol.

MALHEIROS M.J. Les services urbains et la discontinuité administrative à Salvador de Bahia; Plan Urbain; Centre d'Enseignement et de Recherches Techniques et Sociétés, E.N.P.C.; Institut d'Urbanisme de Paris; 1989

Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique du Congo Programme d'Hydraulique Humaine - Eléments fondamentaux de la situation actuelle; Brazzaville; 1984

MOREL A L'HUISSIER A. La gestion des équipements collectifs à Ebolowa (Cameroun) Travail de Fin d'Etudes, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Paris, 1982

MOREL A L'HUISSIER A. L'alimentation en eau potable des populations à faible revenu dans les pays en développement, Rapport Intermédiaire , Programme Interministériel REXCOOP, Secrétariat Permanent du Plan Urbain, CERGRENE, ENPC, Paris, 1986, 196 pages

MOREL A L'HUISSIER A. "Services urbains à Ouagadougou: eau, ordures ménagères et excréta"; In Aménagements en quartiers spontanés africains; ouvrage collectif sous la direction de PIERRE L.; Institut d'Urbanisme de Paris; Collection Habitat Urbain; édité par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique; Paris; 1986; pp 237-269

MOURA de SANTA I.J. Les transformations des pratiques de l'eau et d'assainissement des favelados de Sao Paulo; Thèse de 3ème cycle; Institut d'Urbanisme de Paris; Université Paris XII; 1985

ORSTOM-Architectes Sans Frontières-Groupe A.U.I. Les Villes du Togo: Bilan et Perspectives; Direction Générale du Plan et du Développement; Banque Mondiale-FAC-PNUD ; décembre 1984

ORSTOM, Institut de Recherche en Sciences Sociales et Humaines Les enjeux des extensions urbaines à Ouagadougou: rapport intermédiaire; ORSTOM/Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (Burkina Faso); Ouagadougou; 1986; 67 p. + Annexes

PESCAY M. Bornes-fontaines kiosques évaluation socio-économique. Villes de Kigali (Rwanda) et de Banqui (RCA). Caisse Centrale de Coopération Economique; 56 Pages + annexes; Paris; 1987

Provincial Waterworks Authority Coin-Operated Standposts, Rapport Final préparé pour GTZ, Research Division, Analysis and Evaluation Department, Thaïlande, 1989, 19 pages + 7 Annexes

PRUD'HOMME R. "Les implications économiques d'un système de production et de distribution de l'eau: le cas de Caracas", In Actes du Colloque Coût et Prix de l'Eau en Ville, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 6-8 décembre 1988, Presses de l'ENPC; 1988; pp 487 à 499

Régie Nationale des Eaux du Togo Données caractéristiques - Centre de Lomé; Lomé, 1982, 1983 et 1984

Régie Nationale des Eaux du Togo Tarifs pour vente d'eau et branchements; Direction Générale; Lomé; Circulaires du 16 juin 1982 et du 11 mars 1985

Régie Nationale des Eaux du Togo Plan du Réseau d'Eau Potable - Ville de Lomé - échelle 1/10 000ème; Mise à jour de janvier 1985; Lomé; 1985

RODTBART A. L'eau à Addis-Abeba: Evaluations et Propositions; Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Ile de France; 1986

SAFEGE Plan Directeur de l'Alimentation en Eau Potable de la Ville de Lomé, Ministère des Travaux Publics, des Mines, de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Lomé; mars 1982

SAFEGE Alimentation en eau potable. Ville de Pointe-Noire. Schéma Directeur de Distribution d'Eau; Ministère de l'Energie et des Mines; Société Nationale de Distribution d'Eau; Brazzaville; 1984, 3 dossiers:

1. "Analyse de la situation actuelle et étude des besoins";
2. "Schéma Directeur de distribution d'eau";
3. "Avant-Projet Détaillé de la Première tranche et étude de viabilité économique et financière";

SAFEGE Etude du Schéma Directeur d'Alimentation en Eau Potable de Libreville - NTOUM - 5ème tranche; Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques; Société d'Energie et d'Eau du Gabon; Libreville; 1984, 3 volumes:

1. "Mémoire descriptif et justificatif";
 2. "Notes Préliminaires";
 3. "Résultats des calculs du réseau de distribution";
- Plans.

SAINT-VIL J. "L'eau chez soi et l'eau au coin de la rue, les systèmes de distribution de l'eau à Abidjan" , In Cahiers ORSTOM, série Sci. Hum., vol. XIX, n°4, 1983, pp 471 à 489

Schéma Directeur de la Ville de Ouagadougou: OUAGA 2000; HASKONING Ingénieurs Conseils et Architectes; Direction de l'Urbanisme; Ouagadougou; 1980

SECK N. "Rapport Général session n°2 Les Branchements Sociaux"; In Actes du Vème Congrès de l'Union Africaine des Distributeurs d'Eau; Libreville; 10-15 juin 85;

SEDES Plan National de l'Habitat au Gabon - Rapport Intérimaire; volume 2: "Résultats de l'enquête sociologique"; Paris; 1982, 84 p.

SEGERES J.M. Rapport final - Projet Fontaines Publiques de Kigali, FENU - AIDR, juin-juillet 1985

SERI G. "Politique de branchements sociaux en Côte d'Ivoire"; In Actes du V^{ème} Congrès de l'UADE ; Libreville ; juin 85

SEURECA-BRGM-BCEOM Eau potable de la ville de Kigali à l'horizon 2 000 - Besoins en eau potable, Paris, mars 1987

Société d'Energie et d'Eau du Gabon Projet d'aménagement et d'entretien des bornes-fontaines dans les quartiers non urbanisés de Libreville; Libreville; Gabon; 1972

Société Togolaise d'Etudes et de Développement Connaissance des Pratiques actuelles en matière d'Adduction en Eau au Togo; Lomé; 1985

SOUGHIR R. Economie de l'eau et Systèmes Urbains: Sousse - Tunisie; Rapport de DEA d'Urbanisme; Institut d'Urbanisme de Paris; Université Paris XII; 1980

SULEIMAN M.S. A Study of the Vendor Water Distribution System in Surabaya, Indonesia; Organisation Mondiale de la Santé; Juin/Juillet 1977; 18 p.

TECHNOSYNESIS Schéma Directeur d'Urbanisme de Lomé ; Direction Générale de l'Urbanisme et de l'Habitat; Lomé; 1979

THEVENON J.P. Management of Public Standposts in Burkina-Faso; Compagnie Générale des Eaux; Paris, 1987, 10p. + annexes, multig.

TIDIANE LY A. L'approvisionnement en eau potable des quartiers péri-urbains de Nouakchott; Mémoire de D.E.A.; Nancy; 1983

URBANOR Schéma Directeur de Pointe Noire: Etude socio-urbaine; Mission d'Urbanisme et d'Habitat au Congo, Ministère congolais de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction; Paris; 1980

VAN DIJK P. Le secteur informel de Dakar et Le secteur informel de Ouagadougou, collection Villes et Entreprises, L'Harmattan, Paris, 1986

WHITTINGTON D., BRISCOE J., MU X. Willingness to pay for water in rural areas: Methodological approaches and an application in Haiti; Field Report 213; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1987; 93p

WHITTINGTON D., LAURIA D., MU X. Willingness to pay for water and water vending in Anambra State, Nigeria; Draft Report; Water and Sanitation for Health Project; U.S. Agency for International Development; Washington D.C.; 1988

INDEX DES TABLEAUX

page

	page
tableau IV.4 INFORMATIONS SUR LES VENDEURS D'EAU . .	122
tableau IV.5 ORDRES DE GRANDEUR DES RATIOS DE PRODUCTIVITE DES SYSTEMES DISTRIBUTIFS ET REDISTRIBUTIFS	137
tableau V.1 CARACTÉRISTIQUES DU SECTEUR INFORMEL SELON MACGEE	149
tableau V.2 CARACTÉRISTIQUES DES DEUX CIRCUITS DE L'ÉCONOMIE URBAINE DES PAYS SOUS-DÉVELOPPÉS D'APRÈS SANTOS	150
tableau V.3 CRITÈRES POUR UNE DÉFINITION OPÉRATIONNELLE DU SECTEUR INFORMEL D'APRÈS VAN DIJK	151
tableau V.4 SUBDIVISIONS ALTERNATIVES DE L'ÉCONOMIE URBAINE (D'APRÈS VAN DIJK)	151
tableau V.5 COMMERCE MODERNE ET DE PETIT DÉTAIL À BOUAKÉ	153
tableau V.6 MARGES BÉNÉFICIAIRES ET BÉNÉFICES GLOBAUX MENSUELS DES REVENDEURS D'EAU POTABLE DANS QUELQUES VILLES	165
tableau VI.1 MODES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU À KIGALI ET À BANGUI AVANT LES BORNES-FONTAINES PAYANTES .	177
tableau VI.2 CONSOMMATIONS MOYENNES PAR BF SELON LES TYPES DE QUARTIER À KIGALI	179
tableau VI.3 ESTIMATION DES POPULATIONS DESSERVIES PAR LES BF PAYANTES À BANGUI	185
tableau VI.4 PROFESSION PRINCIPALE DES FONTAINIERS DE KIGALI EN 84 ET EN 87	186
tableau VI.5 ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS COMMERCIALES AUX BORNES-FONTAINES KIOSQUES DE KIGALI (1985-1987) .	190
tableau VI.6 REVENUS PRÉVISIONNELS DES FONTAINIERS DE BANGUI	192
tableau VI.7 CONSOMMATIONS TOTALES ET MOYENNES AUX BRANCHEMENTS COLLECTIFS ET PARTICULIERS À OUAGADOUGOU (1985/1986)	200

	page
tableau VI.8 CONSOMMATIONS MOYENNES ET EXTRÊMES AUX BORNES-FONTAINES ET POSTES D'EAU AUTONOMES DE OUAGADOUGOU	201
tableau VI.9 TARIFS DE REVENTE AUX POINTS D'EAU COLLECTIFS A OUAGADOUGOU (Frs CFA 1986)	202
tableau VI.10 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX BORNES-FONTAINES DE OUAGADOUGOU (1986)	203
tableau VI.11 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX POMPES MANUELLES A OUAGADOUGOU (1986)	204
tableau VI.12 REVENUS MENSUELS DE LA VENTE D'EAU AUX POSTES D'EAU AUTONOMES DE OUAGADOUGOU (1986)	204
tableau VII.1 MODES D'APPROVISIONNEMENT EN EAU DE BOISSON	237
tableau VII.2 ÉLASTICITÉS À COURT-TERME PAR RAPPORT AUX PRIX DANS L'ÎLE DE PENANG-MALAISIE	241
tableau VIII.1 TARIF DE REVENTE MAXIMISANT LE REVENU DES PRODUCTEURS / CAS DE LA FONCTION D'UTILITE (U2)	284
tableau VIII.2 TARIF DE REVENTE MAXIMISANT LE REVENU DES PRODUCTEURS / CAS DE LA FONCTION D'UTILITE (U3)	285
tableau IX.1 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS MOYEN	325
tableau IX.2 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS D'UNE ÉCONOMIE D'ÉCHELLE MAXIMALE ($\alpha=0,8$)	325
tableau IX.3 COÛT DES RÉSEAUX DE PREMIER ÉTABLISSEMENT ET D'EXTENSION - CAS D'UNE DESÉCONOMIE D'ÉCHELLE MAXIMALE ($\alpha=1,2$)	326
tableau IX.4 DATES D'INDIFFÉRENCE ($\alpha=1$, progression linéaire de la population)	328
tableau IX.5 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$, progression linéaire de la population)	328

tableau IX.5 [suite] CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$, progression linéaire de la population)	329
tableau IX.6 DATES D'INDIFFERENCE ($\alpha=0,8$, progression linéaire la population)	330
tableau IX.7 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=0,8$; progression linéaire de la population)	330
tableau IX.8 DATES D'INDIFFERENCE ($\alpha=1,2$; progression linéaire de la population)	331
tableau IX.9 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1,2$; progression linéaire de la population)	331
tableau IX.10 DATES D'INDIFFERENCE ($\alpha=1$; progression exponentielle de la population)	333
tableau IX.11 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1$; progression exponentielle de la population)	333
tableau IX.12 DATES D'INDIFFÉRENCE ($\alpha = 0,8$; progression exponentielle de la population)	334
tableau IX.13 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=0,8$; progression exponentielle de la population)	334
tableau IX.14 CHOIX OPTIMAL DE L'ALTERNATIVE ET DE LA DATE D'EXTENSION ($\alpha=1,2$; progression exponentielle de la population)	335
tableau IX.15 DATES D'INDIFFERENCE ($\alpha = 1,2$; progression exponentielle de la population)	335

INDEX DES FIGURES

	page
figure I.1 LA POPULATION DES PAYS EN DEVELOPPEMENT DE 1980 A L'AN 2000	25
figure I.2 TAUX DE CROISSANCE DE LA POPULATION ET DU PNB PAR HABITANT DEPUIS 1965	29
figure II.1 SCHEMA D'UNE BORNE-FONTAINE YACOLI	39
figure II.2 SCHEMA PLACE AU-DESSUS DU POPUDEAU (CONGO)	40
figure II.3 SCHEMA-TYPE DU BRANCHEMENT SODECI	43
figure II.4 COURBES DE L'OFFRE ET DE LA DEMANDE D'EAU POTABLE	57
figure II.5 COURBE DES COUTS MARGINAUX A COURT-TERME .	59
figure II.6 PROCESSUS ITERATIF DE TARIFICATION AU COUT MARGINAL A LONG-TERME	60
figure II.7 BESOINS DE BASE ET TRANCHE SOCIALE SUBVENTIONNÉE	63
figure III.1 EFFET REDISTRIBUTIF DE LA SUBVENTION GLOBALE AU SERVICE	84
figure IV.1 SCHÉMA DES SYSTEMES DE DISTRIBUTION POSSIBLES	119
figure IV.2 SCHÉMA DES RÉSEAUX DE REDISTRIBUTION DE VOISINAGE	138
figure IV.3 SCHÉMA DES RÉSEAUX DE REDISTRIBUTION PAR PORTAGE	138
figure IV.4 SCHÉMA DU RÉSEAU DE REDISTRIBUTION AVEC LIAISONS ALTERNATIVES	139
figure VI.1 PLAN-TYPE DES BORNES-FONTAINES KIOSQUES À KIGALI	174

	page
figure VI.2 PLAN-TYPE DES BORNES-FONTAINES KIOSQUES À BANGUI	175
figure VI.3 POSTE D'EAU AUTONOME DE OUAGADOUGOU . . .	196
figure VII.1 NIVEAU DE CONSOMMATION EN EAU DES USAGERS DES BORNES-FONTAINES DE LIBREVILLE	244
figure VII.2 PROBABILITE DE CHOISIR UNE BORNE-FONTAINE, UN LIVREUR OU UN PUIITS EN FONCTION DE L'ELOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE	254
figure VIII.1 METRIQUE OBLI-LINEAIRE	260
figure VIII.2 FONCTION D'UTILITE DES MENAGES / CAS THEORIQUE (U1)	263
figure VIII.3 FONCTION D'UTILITE DES MENAGES / CAS SIMPLIFIE (U2)	263
figure VIII.4 FONCTION D'UTILITE DES MENAGES / CAS SIMPLIFIE (U3)	264
figure VIII.5 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS THÉORIQUE (U1)	265
figure VIII.6 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)	266
figure VIII.7 CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)	267
figure VIII.8 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS THÉORIQUE (U1)	268
figure VIII.9 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)	268
figure VIII.10 SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)	269

figure VIII.12	CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS THÉORIQUE (U1)	275
figure VIII.13	CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)	275
figure VIII.14	CONSOMMATION DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)	276
figure VIII.15	SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS THÉORIQUE (U1)	277
figure VIII.16	SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS SIMPLIFIÉ (U2)	277
figure VIII.17	SURPLUS DES MÉNAGES EN FONCTION DE LEUR ÉLOIGNEMENT DE LA BORNE-FONTAINE / LIVRAISON POSSIBLE - CAS SIMPLIFIÉ (U3)	278
figure IX.1	RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE / ALTERNATIVE 1	292
figure IX.2	RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE / ALTERNATIVE 2a	293
figure IX.3	RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE / ALTERNATIVE 2b	294
figure IX.4	RESEAUX DE PREMIERE ET SECONDE PHASE / ALTERNATIVE 2c	294
figure IX.5	NUMÉROTATION DES TRONCONS DU MODÈLE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION	302
figure IX.6	TRONCON SERIE	302
figure IX.7	TRONCON PARALLELE	303
figure IX.8	TRONCON AVAL NOEUD	303
figure IX.9	MODÈLE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION	306

	page
figure IX.10 RÉGRESSION DE L/ℓ SUR N N = 1 à 136	307
figure IX.11 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\text{LOG}(L/\ell)$ SUR LOG N, N = 1 à 136	308
figure IX.12 RÉGRESSION DE L/ℓ SUR N N=15 à 136	308
figure IX.13 RÉGRESSION DE \bar{D} SUR N; N=1 à 136	309
figure IX.14 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\text{LOG } \bar{D}$ SUR LOG N, N=1 à 136	310
figure IX.15 RÉGRESSION DE \bar{D} SUR N, $N \geq 15$	310
figure IX.16 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\text{LOG } \bar{D}$ SUR LOG N, $N \geq 15$	311
figure IX.17 DROITE DE RÉGRESSION DE $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de 1ère phase / alternative 1)	314
figure IX.18 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de 1ère phase / alternative 1)	314
figure IX.19 RÉGRESSION DE $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de 1ère phase / alternative 1)	315
figure IX.20 RÉGRESSION DE $\bar{D}_1(\text{alt1})$ (réseau de 1ère phase / alternative 1)	315
figure IX.21 DROITE DE RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt1})$ (réseau d'extension/alternative 1)	317
figure IX.22 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt1})$ (réseau d'extension/alternative 1)	317
figure IX.23 RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt1})$ SUR N_1 ET N_2 (réseau d'extension / alternative 1)	318
figure IX.24 RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt1})$ SUR N_1 ET N_2 (réseau d'extension / alternative 1)	318
figure IX.25 DROITE DE RÉGRESSION DE $L_2(\text{alt2})$ (réseau d'extension/alternative 2)	320

	page
figure IX.26 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $L_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension/alternative 2)	321
figure IX.27 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $L_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension/alternative 2)	321
figure IX.28 RÉGRESSION DE $L_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension / alternative2)	322
figure IX.29 RÉGRESSION DE $L_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension / alternative 2)	322
figure IX.30 DROITE DE RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension/alternative 2)	323
figure IX.31 RÉSIDUS DE LA RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension/alternative 2)	323
figure IX.32 RÉGRESSION DE $\bar{D}_2(\text{alt}2)$ (réseau d'extension / alternative 2)	324
figure IX.33 MODELE MORPHO-FONCTIONNEL DE DENSIFICATION	337

INDEX DES MODELES

A. MODELES ECONOMIQUES DE LA DEMANDE POUR LES SYSTEMES DE REDISTRIBUTION D'EAU¹

	page
Consommation moyenne des ménages / cas théorique (U1) .	271
Surplus total des usagers / cas theorique (U1)	271
Revenu global des producteurs / cas theorique (U1) . .	271
Consommation moyenne des ménages / cas simplifié (U2) .	272
Surplus total des usagers / cas simplifié (U2)	272
Revenu global des producteurs / cas simplifié (U2) . .	272
Consommation moyenne des ménages / cas simplifié (U3) .	273
Surplus total des usagers / cas simplifié (U3)	273
Revenu global des producteurs / cas simplifié (U3) . .	273
Consommation moyenne des ménages / livraison possible cas théorique (U1)	279
Surplus total des usagers / livraison possible / cas theorique (U1)	279
Revenu global des producteurs / livraison possible / cas theorique (U1)	280
Consommation moyenne des ménages / livraison possible cas simplifié (U2)	280

¹ (U1), (U2) et (U3) désignent différentes hypothèses de fonction d'utilité des usagers

	page
Surplus total des usagers / livraison possible / cas simplifié (U2)	280
Revenu global des producteurs / livraison possible / cas simplifié (U2)	281
Consommation moyenne des ménages / livraison possible cas simplifié (U3)	281
Surplus total des usagers / livraison possible / cas simplifié (U3)	281
Revenu global des producteurs / livraison possible / cas simplifié (U3)	282

B. MODELES DE PREVISION DE LA LONGUEUR TOTALE ET DU DIAMETRE MOYEN DES RESEAUX DE PREMIERE PHASE ET D'EXTENSION

Longueur totale du réseau	308
Diamètre moyen du réseau	310
Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1	312
Diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1	313
Longueur du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 1	316
Diamètre moyen optimal du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 1	316
Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2	319
Diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2	319
Longueur totale du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 2	319

Diamètre moyen optimal du réseau d'extension dans le cas de l'alternative 2	320
--	-----

**C. MODELES DE PREVISION DE LA LONGUEUR TOTALE ET DU DIAMETRE
MOYEN DES RESEAUX DE PREMIERE PHASE ET DE DENSIFICATION**

Longueur totale du réseau	338
Diamètre moyen du réseau	338
Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1	339
Diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 1	340
Longueur du réseau de densification dans le cas de l'alternative 1	340
Diamètre moyen optimal du réseau de densification dans le cas de l'alternative 1	340
Longueur totale du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2	341
Diamètre moyen optimal du réseau de premier établissement dans le cas de l'alternative 2	341

SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION GÉNÉRALE	3
<u>PREMIÈRE PARTIE: LA DÉCENNIE INTERNATIONALE DE L'EAU POTABLE: LE PARI PERDU DES BRANCHEMENTS POUR TOUS</u>	
chapitre I. LA DÉCENNIE INTERNATIONALE DE L'EAU POTABLE ET DE L'ASSAINISSEMENT (DIEPA): OBJECTIFS, MOYENS ET CONTRAINTES	17
A. LES OBJECTIFS DE LA DIEPA	17
B. LES INVESTISSEMENTS ENGAGÉS ET LEUR ORIGINE	19
C. LES CONTRAINTES	24
1. Croissance démographique et couverture des besoins	24
2. Les contraintes sur la ressource	27
3. Les contraintes financières	28
4. Les problèmes de maintenance et de gestion	30
CONCLUSION	31
chapitre II. LES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU ET LEURS INSTRUMENTS	33
INTRODUCTION	33
A. LA POURSUITE DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES" ET L'ÉMERGENCE DE NOUVEAUX MODES D'EXPLOITATION	34
1. Les bornes-fontaines "classiques"	34
2. Un mode de gestion inadapté	35
3. L'abandon des bornes-fontaines "classiques"	36
4. L'apparition de bornes-fontaines "automatiques"	37
B. LES BRANCHEMENTS-TYPES À FAIBLE COÛT	41
C. LES BRANCHEMENTS SUBVENTIONNÉS OU "GRATUITS"	46
D. LES BRANCHEMENTS À CRÉDIT	48
E. LA TARIFICATION	54
1. La justification de la tarification au coût marginal à long-terme	55
2. Extension des méthodes de base	59
3. Coûts d'opportunité économique	61
4. Le calcul du CMLT strict	62
5. Tarifs subventionnés	63
6. Efficacité et équité des méthodes d'ajustement des tarifs	64
7. Les subventions croisées	67
chapitre III. L'IMPACT DES POLITIQUES SOCIALES DE L'EAU	69
A. L'IMPACT DE L'ABANDON DES BORNES-FONTAINES "CLASSIQUES"	69
B. L'IMPACT DES BORNES-FONTAINES AUTOMATIQUES	72

C. L'IMPACT DES BRANCHEMENTS GRATUITS OU À CRÉDIT	74
1. Evaluation de la politique de branchements "gratuits" de la Côte d'Ivoire	74
2. Evaluation de la politique de branchements à crédit projetée au Congo et au Togo	76
3. Discussion	79
D. L'IMPACT DE LA TARIFICATION	82
1. Un service globalement subventionné	82
2. Les effets négatifs d'une tarification socio-politique	83
3. Effets distributifs des structures tarifaires progressives	86
4. Tarification au coût marginal et revente de l'eau	89
CONCLUSION	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA PREMIERE PARTIE	93

SECONDE PARTIE: STRUCTURE ET FONCTION DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS

INTRODUCTION DE LA SECONDE PARTIE	103
chapitre IV. STRUCTURE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	107
A. LA REVENTE PRIVÉE DE VOISINAGE	107
1. Le cas d'Abidjan	107
2. Le cas de Brazzaville	110
3. Le cas de Kigali	113
B. LES SERVICES DE LIVRAISON/PORTAGE	118
1. La revente motorisée	120
2. La revente par portage	124
3. Le cas de Ouagadougou	125
C. ECONOMIE TERRITORIALE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	133
1. Analyse comparative des propriétés des réseaux distributifs et redistributifs	133
2. Une explication: les modèles spécifiques d'organisation des systèmes distributifs et redistributifs	142
chapitre V. FONCTION DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	145
INTRODUCTION	145
A. LE SECTEUR INFORMEL	146
1. "Une zone d'ombre définie par la négation de son contraire..."	146
2. La diversité des critères de subdivision de l'économie urbaine	147
3. Taille des entreprises, localisation et emploi	152
4. Capital, crédit et marges bénéficiaires	156
5. Un secteur d'intégration et de répartition de la pénurie	161
B. IDENTIFICATION AU SECTEUR INFORMEL ET LIEUX DE RUPTURE	162
1. Technologie, capitaux et emploi	162
2. Localisation des activités	164
3. Marges bénéficiaires et revenus des revendeurs	164
4. Fonction monétaire et économique	166
5. Aspects culturels et redistribution non marchande	167
6. Conclusions	169
chapitre VI. INTÉGRATION ET RÉGULATION DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	171
INTRODUCTION	171

A. LA GESTION DES BORNES-FONTAINES DELEGUEE A DES PARTICULIERS: Les cas de Kigali et de Bangui	172
1. Introduction	172
2. Principes d'organisation et de gestion	173
3. La situation avant le nouveau système	177
4. L'impact des bornes-fontaines payantes	178
5. Pratiques de gestion et revenus des fontainiers	186
6. Conclusion	193
B. LA GESTION DES OUVRAGES DE DISTRIBUTION COLLECTIVE DELEGUEE A DES COMITES DE QUARTIER: le cas de Ouagadougou	194
1. Introduction	194
2. Principes d'organisation et de gestion	197
3. Pratiques de la distribution et impact sur l'approvisionnement	199
4. Tarification et revenus des gérants	202
5. Conclusions	205
C. LE CHOIX DES MODALITES TECHNIQUES, CONTRACTUELLES ET TARIFAIRES	206
1. La conception des ouvrages et des équipements	206
2. La gestion des ouvrages et les règles de fonctionnement	209
3. Statut de l'opérateur et niveau de décentralisation	212
4. Les mesures d'incitation et d'appui	214
CONCLUSION DE LA SECONDE PARTIE	215
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA DEUXIEME PARTIE	217
 <u>TROISIEME PARTIE: VERS UNE CONCEPTION ET UNE PLANIFICATION APPROPRIÉES DES RÉSEAUX DE DISTRIBUTION</u>	
chapitre VII. L'ÉVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU	227
INTRODUCTION	227
A. UN DÉFAUT GÉNÉRAL: LA SURESTIMATION DE LA DEMANDE EN EAU POTABLE	229
1. Une explication: lacunes et erreurs d'interprétation des fichiers de facturation	230
2. La persistance des modes traditionnels d'approvisionnement	233
B. LES VARIABLES EXPLICATIVES DE LA DEMANDE	237
1. La population	237
2. Tarifs et revenus	239
3. La distance au point d'eau	242
4. Le mesurage au compteur	244
5. Le rationnement de l'eau par distribution intermittente ou basses pressions	245
C. LA MODÉLISATION DE LA DEMANDE	246
1. Les ajustements statistiques: difficultés particulières	248
2. Un outil bien adapté: les techniques de scénarios	250
3. Le choix du mode d'approvisionnement	251
chapitre VIII. ANALYSE ÉCONOMIQUE SPATIALE DES SYSTEMES REDISTRIBUTIFS	257
INTRODUCTION	257
A. HYPOTHESES	258
1. Coûts de transport	258
2. Métrique	259
3. Fonction d'utilité des usagers	261

B. SYSTEME BORNES-FONTAINES/PUITS PRIVATIFS	264
1. Consommation et surplus des usagers en fonction de leur éloignement de la borne-fontaine	265
2. Consommation moyenne, surplus des usagers et revenu des producteurs sur une zone donnée	269
C. SYSTEME BORNES-FONTAINES/LIVRAISON/PUITS PRIVATIFS	273
1. Consommation et surplus des usagers en fonction de leur éloignement de la borne-fontaine	274
2. Consommation moyenne, surplus des usagers et revenu des producteurs sur une zone donnée	278
D. APPLICATIONS	282
1. Recherche d'un optimum économique	282
2. Exemple d'application: le système redistributif de Ouagadougou	285
CONCLUSION	287
chapitre IX. LE PHASAGE OPTIMAL DES RESEAUX DE DISTRIBUTION	291
A. POSITION DU PROBLEME ET METHODOLOGIE	291
1. La notion d'horizon de conception optimal	291
2. Les différentes alternatives possibles	292
3. L'état de l'art	295
4. Principe du recours à des modèles simplifiés de réseaux	298
5. Méthode du lagrangien et programme de dimensionnement optimal	299
B. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL D'EXTENSION	304
1. Description du modèle	304
2. Longueur totale L du réseau	307
3. Diamètre moyen du réseau	309
4. Comparaison avec le modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al.	311
5. ALTERNATIVE 1: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et d'extension	312
6. ALTERNATIVE 2 : longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et d'extension	319
7. Coût des réseaux de premier établissement et d'extension	324
8. Phasage optimal en cas de progression linéaire de la population	326
9. Phasage optimal en cas de progression exponentielle de la population	332
C. MODELE MORPHO-FONCTIONNEL DE DENSIFICATION	336
1. Description du modèle	336
2. Longueur totale L du réseau	336
3. Diamètre moyen du réseau	338
4. Comparaison avec le modèle statistique de LAURIA, KOLSKY et al. et avec le modèle morpho-fonctionnel d'extension	338
5. ALTERNATIVE 1: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et de densification	339
6. ALTERNATIVE 2: longueur totale et diamètre moyen optimaux des réseaux de premier établissement et de densification	341
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA TROISIEME PARTIE	343
CONCLUSION GÉNÉRALE	347
BIBLIOGRAPHIE	349
INDEX DES TABLEAUX	365
INDEX DES FIGURES	369
INDEX DES MODELES	375
SOMMAIRE	379
ANNEXES	383

ANNEXES

ANNEXE I.1

ANNEXE I.1 / PRINCIPAUX ORGANISMES FINANCIERS INTERVENANT EN AFRIQUE

1. BIRD - Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement - (Banque Mondiale)

a- type d'aide

- octroi de prêts ou de crédits à des fins productrices et devant stimuler la croissance économique du bénéficiaire;
- prêts et crédits accordés aux gouvernements bénéficiaires pour la mise au point et la construction d'installations d'approvisionnement en eau et d'évacuation des rejets, la formation du personnel et les études portant sur le développement du secteur et du projet;

b- modalités

prêts: franchise de 5 ans remboursables sur 20 ans (maxi); destinés aux PED ayant déjà atteint un certain degré de croissance économique et sociale; taux d'intérêt calculé selon le coût de l'emprunt;

prêts à ajustement structurel depuis 1980 (développé ultérieurement).

programme d'action spéciale (développé ultérieurement).

c- bénéficiaires

Tout pays membre de la Banque ou de l'IDA, pourvu que son revenu moyen par habitant ne dépasse pas les limites fixées par l'IDA ou la Banque au moment du prêt ou du crédit.

2. BAD + FAD (Banque et Fonds Africains de Développement)

a- type d'aide

- entreprendre la sélection, l'étude et la préparation de projets;

- mobiliser et augmenter en Afrique et hors Afrique les ressources destinées au financement des projets et programmes d'investissements;
- fournir l'assistance technique pour l'étude, la préparation, le financement et l'exécution des projets et programmes de développement.

b- modalités

	BAD (1)	BAD (2)	FAD	FAD (3)	FSM
Taux d'intérêt	9,5%	10%	-	-	4%
Commission statutaire	1%	1%	-	-	-
Commission d'engagement	1%	1%	-	-	0,75%
Délai de remboursement (ans)	12	-	50	10	25
Différé d'amortissement (ans)	+20	-	+10	+3	+5
Frais	-	-	0,75%	0,75%	-
BAD (1) Projets ordinaires					
BAD (2) Lignes de crédit aux banques nationales de développement					
FAD (3) Prêts d'études.					

c- bénéficiaires

BAD - Pas de critères particuliers de choix.

FAD - Prêts = tous pays membres recevables mais priorités:

Cat. A = Pays dont PNB/hab^t < 280 \$US: priorité absolue

Cat. B = Pays dont le PNB/hab^t est compris entre 281 et 550 \$US: accès si leur situation socio-économique est susceptible de compromettre la conception et la mise en oeuvre des plans de croissance et de développement.

Facteurs pris en compte:

- désastres naturels (sécheresse);
- difficultés chroniques de la balance des paiements indépendantes de l'Etat membre;
- situation économique difficile suite à l'indépendance.

3. CCCE (Caisse Centrale de Coopération Economique)

a- type d'aide

- assistance technique;
- aide au budget de certains Etats;
- aides exceptionnelles.

Priorité aux secteurs productifs et aux infrastructures économiques de soutien.

b- modalités

- *premier guichet "aux conditions douces":* taux moyen = 5%, durée supérieure à 20 ans possible.
- *deuxième guichet "aux conditions du marché":* accès au marché financier international; disposer de ressources importantes pour le financement de projets à haute rentabilité.
- *prêts "à conditions particulièrement douces":* durée = 30 ans, différé d'amortissement = 10 ans, taux d'intérêt = 1,5 à 2%.
- *prêts d'ajustement structurel:* cf 2ème partie.

c- bénéficiaires

- Etats, entreprises privées ou publiques;
- Aval de l'Etat pour garantir la comptabilité du projet d'investissement du plan national.

4. KFW (Kreditanstalt für Wiederaufbau)

a- type d'aide

Coopération financière: financement du budget des PED consacré à des projets d'investissement.
Préparation et exécution des diverses mesures d'investissement.

Priorité aux projets ayant une grande importance dans la politique et la planification du développement du bénéficiaire.

b- modalités

Subventions pour Pays les Moins Avancés finançant la formation, y compris supérieure.

Prêts souples PED

Préinvestissement: pas de démarquage précis entre coopération financière et technique.

Réalisation des investissements: confiée à des sociétés commerciales internationales.

c- bénéficiaires

Activités surtout orientées vers l'Afrique et le resteront.

- distribution régionale des mesures d'aide dans le secteur de l'eau potable. Coopération technique et financière.

1960-82	(en m DM)	
AFRIQUE	2061,6	77,5%
ASIE	207,8	10,2%
AMERIQUE	216,2	8,0%
EUROPE	116,2	4,3%
	<hr/>	<hr/>
	2601,8	100,0%

5. FED + BEI (Fonds Européen de Développement et Banque Européenne d'Investissement)

a- type d'aide

Subventions: priorité aux projets d'infrastructure économique et sociale peu susceptibles d'atteindre une rentabilité financière.

Bonification d'intérêt éventuelle.

Prêts spéciaux FED: garantis sur 4 ans; différé d'amortissement de 10 ans; intérêts de 1% l'an; pour les Etats les moins développés: 0,75%.

b- modalités

Prêts normaux pour projets assurés d'une certaine rentabilité, durée maxi. de 25 ans; taux d'intérêt définis selon ceux du marché des capitaux; bonifications d'intérêt: réduisent de 3% ce taux. Taux d'intérêt: 5 à 8%; tous les prêts BEI bonifiés sauf ceux pour des investissements pétroliers.

Cofinancements: pour les grands projets, pour ceux dont la participation de la Communauté peut faciliter la participation d'autres institutions de financement.

c- bénéficiaires

- Etat ACP;
- Organismes régionaux ou interétatiques habilités par l'Etat;
- Organismes mixtes institués par la Communauté et les Etats ACP;
- Organismes de développement public;
- Collectivités locales et organismes privés participant au développement économique et social des Etats;
- Entreprises exerçant leurs activités selon les méthodes de gestion industrielle et commerciale et constituées en sociétés d'un Etat ACP;
- Groupements des producteurs ressortissant d'un Etat ACP;
- Boursiers et stagiaires pour les actions de formation.

6. FONDS ARABES (Fonds provenant d'Etats Arabes)

a- type d'aide

Deux types d'aide: prêts à long-terme pour le développement et subventions;

Conditions de prêt ajustées à la nature du projet et au bénéficiaire;

Soutien à tous les secteurs économiques. Accent mis sur les infrastructures.

b- modalités

Prêts: intérêts de 4 à 6%; remboursement sur 15 à 25 ans y compris la période de franchise;

Subventions: d'un montant limité consacré aux petites opérations d'assistance technique liées surtout aux travaux de projets.

c- bénéficiaires

Critères d'elligibilité définis par le Conseil
d'Administration.

ANNEXE VI.1

**Compte-rendu des interventions à la réunion du
21.02.87 à la Mairie de BANGUI**

(extrait de PESLAY M. Bornes-fontaines kiosques,
évaluation socio-économique: Villes de Kigali
(Rwanda) et de Bangui (RCA), Caisse Centrale de
Coopération Economique, Août 1987)

Toutes ces interventions traduisent un mécontentement général de la population suite à la fermeture des bornes-fontaines payantes.

1ère intervention : Représentant Affaires Sociales Secteur Mustapha avec lecture d'une motion des habitants de ce quartier.

2ème intervention : Le Chef de quartier Mustapha pour appuyer la motion du Chef de Secteur des Affaires Sociales. M. ABDERAMAN a tenté de rencontrer le SEH à la suite de cette fermeture, le SEH leur a dit que c'est une décision politique.

3ème intervention : Jean-Baptiste AMNDARA, représentant du Maire AMNDARA A BOY-RABE, les conséquences de cette fermeture sont dangereuses.

a) Bagares, bousculades, les personnes âgées n'ont plus droit à l'eau.

b) Dégât sur les installations (robinet ..).

4ème intervention : M. NZILAVO, il veut l'installation de ces bornes-fontaines dans son arrondissement surtout quartier LAKOUANGA qui connaît également des problèmes d'eau potable.

5ème intervention : Une dame du quartier GOBONGO (8e arrondissement) pour l'extension du réseau vers GOBONGO afin de construire des kiosques pour les habitants de ce quartier.

6ème intervention : Mme PELAGIE du nom des "OUALIGALA" de SICA pour l'installation des kiosques.

7ème intervention : Jean-Prosper SEBATA, Maire du 2e Arrondissement.

8ème intervention : MOUDTOUTENDE BOMBAR, Maire du 8e Arrondissement.

9ème intervention : François NGAPORO, Chef quartier ASSANA SICA au nom des retraités (fonctionnaires).

10e intervention : Georges FIONGAI KPETENE IV, 6e Arrondissement.

11e intervention : Mme Madeleine SAMBA GALABADJA, 8e Arrondissement.

Toutes les interventions disaient la même chose, à savoir totale satisfaction pour les bornes-fontaines payantes car en ce moment dans beaucoup de quartiers de Bangui, il y a un système qui se développe: la revente d'eau : 1 seau de 10 litres (dix) à 50 F alors que la SNE fait les 20 litres à 5 F.

Selon procès-verbal manuscrit de la Mairie en date du 21/02/87.

ANNEXE VI.2

ANNEXE VI.2 / EXEMPLES DE CONTRATS DE GERANCE DE BORNES-FONTAINES

Nous présentons dans cette annexe 3 contrats de gérance de bornes-fontaines:

- le contrat de concession proposé par la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI) aux particuliers pour la gestion de bornes-fontaines (1985);
- le contrat d'affermage proposé aux particuliers par la Société Nationale des Eaux de la République Centrafricaine pour la gestion de bornes-fontaines kiosques dans le cadre de l'opération expérimentale menée à Bangui depuis 1986;
- le contrat d'affermage proposé par l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) pour l'exploitation des Postes d'Eau Autonomes implantés à Ouagadougou depuis 1985.

SOCIETE DE DISTRIBUTION D'EAU DE COTE D'IVOIRE

**CONVENTION POUR L'EXPLOITATION
D'UNE BORNE FONTAINE PAYANTE**

Entre les soussignés:

Monsieur ou Mme: _____
domicilié à: _____ Lot N°: _____ Ilot N°: _____
B.P.: _____ Ville: _____ Département de: _____
désigné ci-après par le préposé.

Et;

Monsieur ZADI Kessy Marcel, Directeur Général de la SODECI, agissant au nom de la dite Société faisant élection de domicile à Abidjan-Treichville 01 - B.P. 1843 - Abidjan 01 et désigné dans ce qui suit par le terme "la SODECI".

d'autre part,

Il a été arrêté et convenu ce qui suit:

**TITRE I
DEFINITION ET OBJET DE LA CONVENTION**

Article Premier - L'alimentation en eau de certaines zones urbaines s'avère très difficile pour les raisons suivantes:

- 1) Manque de réseau.
- 2) Revenus des ménages insuffisants face à une facture trimestrielle d'eau ou des frais d'abonnements.

Aussi la fourniture d'eau est assurée par des revendeurs qui offrent les souplesses suivantes:

- 1) - Règlement de la consommation à la journée.
- 2) - accès à l'eau potable sans branchement personnel.

Mais la fourniture d'eau par revendeur coûte toujours très cher au ménage (de 500 à 1500 F le m3). Il était donc nécessaire de trouver un système qui allie les avantages de la revente à un coût modéré. Ce système, c'est la Borne Fontaine Payante.

La présente convention a pour objet la fourniture d'eau potable par Borne Fontaine Payante.

Article 2 - Cette fourniture sera assurée par un préposé qui sera chargé de la gestion de la Borne Fontaine qui lui sera vendue à crédit.

Article 3 - Le préposé est toute personne qui a formulé une demande pour l'exploitation d'une Borne Fontaine et qui a signé une convention à cet effet avec la SODECI.

TITRE II MODALITES D'EXECUTION DE LA CONVENTION

Article 4 - Les modalités de vente de la Borne Fontaine Payante sont les suivantes:

- 1 - Mise à disposition de la Borne au préposé par SODECI.
- 2 - Acquisition par le préposé par versements étalés dans le temps.
- 3 - La durée maximum d'acquisition est de cinq (5) ans.

Article 5 - Le montant remboursable par voie d'acquisition concerne uniquement le prix de la Borne Fontaine. Tout autre coût relatif à la mise en place devra être réglé d'avance.

Article 6 - Les autres frais de mise en place de la Borne Fontaine Payante sont notamment:

- 1) Frais de branchement et d'abonnement.
- 2) Frais d'adduction dans le cas où une adduction est nécessaire pour cette mise en place.
- 3) Tout dispositif de génie civil nécessaire à cette mise en place (ouvrage de drainage, etc...).

Article 7 - La SODECI donnera les conseils nécessaires pour l'implantation de la Borne Fontaine.

Cette implantation ne sera effective que lorsqu'elle aura reçu l'accord du préposé par le biais de la signature de la présente convention.

Cet accord engage sa responsabilité pleine et entière quant au choix du site d'implantation et dégage par la même occasion celle de la SODECI quant aux conséquences d'un tel choix.

Article 8 - La Borne Fontaine Payante ainsi mise en place devient propriété du préposé qui se charge de son exploitation et de son entretien.

Article 9 - La SODECI facilitera cet entretien en mettant à la disposition du préposé les pièces détachées nécessaires à cet entretien au meilleur prix.

Article 10 - Par ailleurs la SODECI s'engage à supprimer toute revente d'eau dans la zone d'implantation de cette Borne Fontaine sur un rayon de 300 mètres.

TITRE III MODE DE REGLEMENT

Article 11 - Les arrhes d'acquisition sont fixées d'un commun accord entre SODECI et le préposé au montant mensuel de: _____

Article 12 - Pour son utilisation d'eau, le préposé sera facturé trimestriellement sur la base d'un relevé du compteur de la Borne Fontaine au taux de _____ m3.

Article 13 - Le prix de revente du m3 d'eau à la Borne Fontaine Payante sera fixé d'un commun accord entre SODECI et le préposé.

Article 14 - Une avance sur consommation d'un montant de: _____ sera perçue le jour de l'abonnement.

TITRE IV
APPROBATION DE LA CONVENTION ET DIVERS

Article 15 - Tout litige résultant de l'application de la présente convention devra être réglé à l'amiable.

Si tel ne peut être le cas, les tribunaux d'Abidjan ou des régions sont compétents à juger.

Article 16 - La convention couvre la Borne Fontaine Payante ayant les coordonnées suivantes:

- polices: _____
- Code secteur: _____
- N° Borne Fontaine Payante: _____
- Adresse géographique: _____
- Rue: _____ Ilôt N°: _____ Lot N°: _____
- Quartier: _____ Ville: _____

Article 17 - La présente convention entre en application dès l'approbation par les deux parties.

Article 18 - Elle sera réputée approuvée lorsqu'elle revêtira les signatures légalisées de SODECI et du Préposé.

Fait à Abidjan, le: _____

Le Préposé,

Le Directeur Général SODECI,

SOCIETE NATIONALE DES EAUX

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

**CONVENTION POUR L'EXPLOITATION
D'UNE BORNE FONTAINE PAYANTE**

Entre les soussignés

Monsieur, Madame, Mademoiselle _____

Domicilié(e) à: _____

Boîte Postale: _____ Ville: _____

Désigné(e) ci-après par le "Fermier"

d'une part, et:

Le Directeur Général de la Société Nationale des Eaux agissant au nom de ladite Société faisant
élection de domicile à Bangui, B.P. 1838, et désignée ci-après par le terme "LA S.N.E."

d'autre part

Il a été arrêté et convenu ce qui suit:

**TITRE I
DEFINITION ET OBJET DE LA CONVENTION**

Article premier: La présente convention a pour objet la fourniture d'eau potable à la population
environnante par borne fontaine payante.

Article 2: Cette fourniture sera assurée par un Fermier qui sera chargé de la gestion de la borne
fontaine.

Article 3: Le Fermier est toute personne physique qui a formulé une demande pour l'exploitation d'une
borne fontaine payante et qui a signé une convention à cet effet avec la Société Nationale des Eaux.
La convention est accordée à titre personnel et ne peut faire l'objet d'une cession à un tiers.

Article 4: Le Fermier ne doit pas être considéré comme salarié de la S.N.E.

Article 5: Le dossier de la demande comprend:

- Une demande écrite revêtant l'avis du Chef du quartier où le postulant réside.
- Un extrait de casier judiciaire datant de moins de trois mois.
- Une copie d'Acte de Naissance.
- Un Certificat de Nationalité Centrafricaine.

**TITRE II
MODALITES D'EXECUTION DE LA CONVENTION**

Article 6: Les modalités de vente d'eau à la borne fontaine sont les suivantes:

1°) Mise à la disposition du Fermier d'une borne fontaine par la Société Nationale des Eaux.
La borne fontaine comprend:

- * un kiosque servant d'abri
- * les installations de distribution d'eau renfermés dans le kiosque

2°) Ouverture d'un abonnement par le préposé.

3°) Obligation pour le Fermier de maintenir quotidiennement la borne fontaine ouverte, y compris les jours fériés, et ce de 5h à 21h, afin de vendre l'eau au détail à tout particulier, sans exception.

4°) La S.N.E. se réserve la possibilité de s'opposer à toute utilisation des installations à d'autres fins que la vente d'eau.

Article 7: La borne fontaine payante reste propriété de la Société Nationale des Eaux qui en confie l'exploitation au Fermier; celui-ci a la charge de son entretien et doit maintenir en état de propreté les installations et leurs abords.

Article 8: La Société Nationale des Eaux facilitera cet entretien en mettant à la disposition du Fermier les pièces nécessaires à cet entretien au meilleur prix.

Article 9: La Société Nationale des Eaux s'engage à supprimer toute revente d'eau par les particuliers dans la zone d'implantation de la borne fontaine.

TITRE III MODE DE REGLEMENT

Article 10: Le montant des frais à payer est fixé par la Société Nationale des Eaux. Ceux-ci comprennent:

- 1°) des frais fixes:
 - Entretien du branchement
 - Location du compteur
 - Location de la borne fontaine

- 2°) des frais variables:
 - Eau consommée.

Les premiers seront incorporés dans la facture mensuelle.

Les frais de consommation électrique pour l'éclairage du kiosque seront directement à la charge du Fermier qui souscrira personnellement un abonnement auprès de l'ENERCA.

Article 11: la facturation sera mensuelle et établie sur la base d'un relevé du compteur de la borne fontaine.

Article 12: Le prix de revente du mètre cube d'eau à la borne fontaine payante est fixé par la Société Nationale des Eaux.

Article 13: Une avance sur consommation d'un montant de: _____ sera perçue le jour de l'abonnement. Cette avance sera remboursée au Fermier en fin de contrat, déduction faite des sommes éventuellement dues par le fermier au moment de la cessation du contrat.

Article 14: Le Fermier est présumé responsable de tout dommage dont sera affectée la borne fontaine. Un état contradictoire sera réalisé en début et en fin de contrat.

TITRE IV
APPROBATION DE LA CONVENTION ET DIVERS

Article 15: Tout litige résultant de l'application de la présente convention devra être réglé à l'amiable.

Si tel ne pourra être le cas, les Tribunaux de Bangui ou des villes de province seront compétents à juger.

Article 16: La convention couvre la Borne Fontaine Payante ayant les coordonnées suivantes:

- N° Police: _____
- N° Secteur: _____
- N° Borne Fontaine Payante: _____
- Rue: _____ Ilôt N°: _____ Lot N°: _____
- Quartier: _____ Ville: _____

Article 17 - La présente convention entre en application dès l'approbation par les deux parties. Elle est renouvelable tous les ans par tacite reconduction. Cependant, elle peut être dénoncée par l'une des deux parties en cas de non application des termes de la convention, avec préavis d'un mois, sans que cela puisse entraîner une demande d'indemnité.

Toutefois, la Société Nationale des Eaux s'autorise à dénoncer la convention avec effet immédiat en cas de non règlement des factures ou toute autre faute grave (éthylisme, absentéisme, etc...) sous réserve de poursuites judiciaires éventuelles.

Article 18: La convention sera réputée approuvée lorsqu'elle revêtira les signatures du Directeur Général de la Société Nationale des Eaux et du Fermier.

Le Fermier,

Le Directeur Général de la S.N.E.,

MINISTERE DE L'EAU
OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT

BURKINA FASO

CONTRAT DE GERANCE DES POSTES D'EAU AUTONOMES

Entre les soussignés:

LA DIRECTION GENERALE DE L'OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT, sise Avenue de la Gare à Ouagadougou, représentée par le Chef de Centre de OUAGADOUGOU, le Camarade Sabné KOANDA ci-après désigné par le sigle ONEA,

d'une part,

et le Camarade _____, demeurant à Ouagadougou, Secteur N° _____, Sous-secteur n° _____ ci-après désigné par le terme GERANT,

d'autre part,

il a été entendu et convenu ce qui suit:

Article 1 : OBJET

Le présent contrat précise les droits et les devoirs de l'ONEA, ainsi que ceux du GERANT à qui est confiée la gérance d'un poste d'eau autonome.

Article 2 : STATUT DU GERANT

Le GERANT d'un poste d'eau ne peut prétendre en aucun cas au titre d'employé de l'ONEA. Il est traité comme tout abonné avec seulement la particularité de participer à une mission: concourir au mieux à l'alimentation en eau potable des populations, surtout la couche sociale la plus démunie.

Article 3 : DOMICILE DU GERANT

Le GERANT reconnaît et s'oblige à habiter le Secteur N° _____, Sous-secteur N° _____ où le poste d'eau n° _____ est implanté.

Article 4 : CAUTION

Une caution de QUINZE MILLE FRANCS CFA (15 000 Frs CFA) est versée à l'ONEA le _____ en espèces ou par chèque no _____ tiré sur la banque _____ domiciliée à Ouagadougou.

Cette caution, non productrice d'intérêt, est remboursable sous déduction des sommes dues par le GERANT à l'ONEA, à l'expiration du présent contrat ou lors de sa résiliation. Si la caution ne couvre pas les sommes dues à l'ONEA au moment de la rupture dudit contrat, le GERANT s'engage à reverser à l'Office la différence due.

Cette caution est révisable par décision du Directeur Général de l'ONEA, en fonction de la variation des tarifs d'eau fixés par Raabo conjoint des Ministres de l'Eau et des Ressources Financières.

Article 5 : TARIF D'EAU

Le mètre cube d'eau vendue au poste d'eau autonome est de 155 F CFA, répartis ainsi qu'il suit:

- 51 F CFA par mètre cube d'eau vendue sont reversés à l'ONEA par le GERANT
- 104 F CFA par mètre cube d'eau vendue représentent les traites du GERANT et les frais de fonctionnement du poste d'eau (électricité ou gas-oil, etc...);

Article 6 : DUREE

Le présent contrat de gérance est signé pour une période d'un (1) an. Il se renouvelle ensuite par tacite reconduction.

Article 7 : INTERVENTIONS

Le GERANT est responsable du bon fonctionnement technique des installations. Les frais de fonctionnement du poste d'eau, les frais de location et d'entretien du compteur d'eau sont à la charge du GERANT; il supporte les frais d'entretien préventif des installations. L'Assurance incendie et la responsabilité civile du poste d'eau autonome relève de l'Office. Celui-ci assure la visite hebdomadaire au poste d'eau dans le cadre d'un entretien préventif.

a) Petites réparations

Le remplacement de pièces de rechange, de petit matériel tel que robinet d'arrêt, robinet de puisage, se fera comme suit:

- la fourniture des pièces de rechange incombe au GERANT;
- la main d'oeuvre est fournie par l'ONEA.

L'ONEA se réserve le droit d'exiger du GERANT le remplacement du petit matériel (robinet de puisage, ...) si la vétusté entrave le bon fonctionnement du poste d'eau.

b) Grosses réparations

Les grosses réparations telles que les interventions sur les compteurs, conduites, le château d'eau, les canalisations, incombent à l'ONEA.

Article 8 : OBLIGATIONS DU GERANT

Le GERANT s'engage:

- à respecter strictement les tarifs de vente en vigueur;
- à livrer l'eau à la clientèle de façon continue sauf dispositions réglementaires contraires en vigueur;
- à respecter les règles d'hygiène et de salubrité aux abords du poste d'eau;
- à régler au comptant à jour ou date fixée les factures présentées par l'ONEA.

Article 9 : RESILIATION

Le présent contrat de gérance est résilié à tout moment du fait:

- du GERANT, après acquittement de sa dernière facture et après un préavis d'une semaine.
- de l'ONEA:
 - . lorsque le GERANT ne s'est pas acquitté de ses factures d'eau deux fois de suite.
 - . lorsque le GERANT n'applique pas les tarifs en vigueur.

- . lorsque le GERANT n'assure pas un service continu à la population.
- . lorsque le GERANT ne respecte pas les règles d'hygiène et de salubrité aux abords du poste d'eau.

Article 10 : FRAIS DE TIMBRE

Les frais de timbre du présent contrat sont à la charge du GERANT.

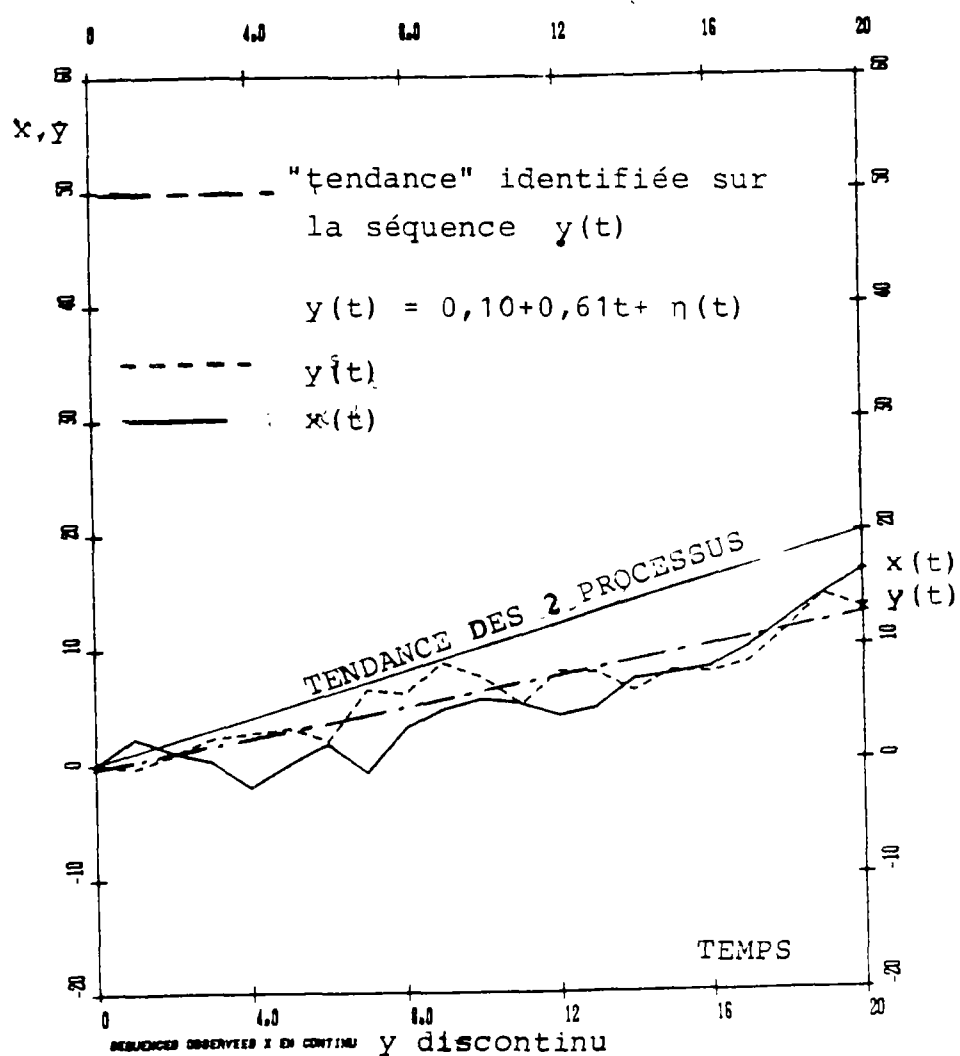
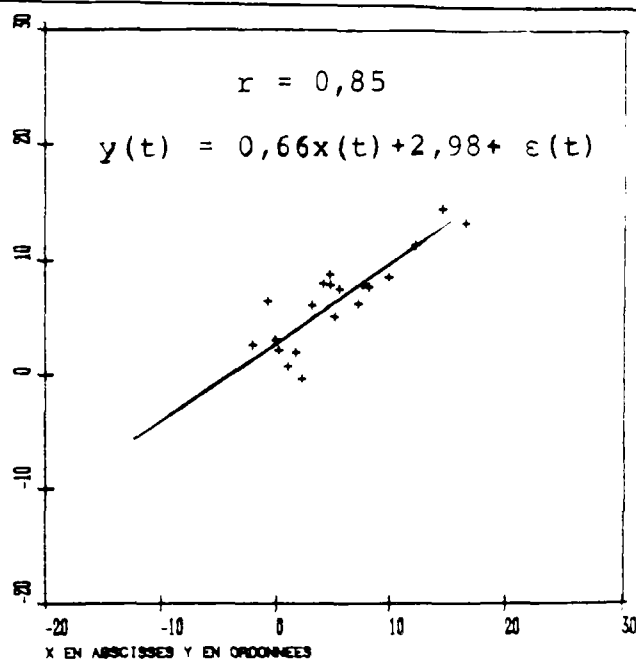
LA PATRIE OU LA MORT, NOUS VAINCRONS!

Ouagadougou, le _____

Le Camarade Chef de Centre de OUAGADOUGOU,

le GERANT,

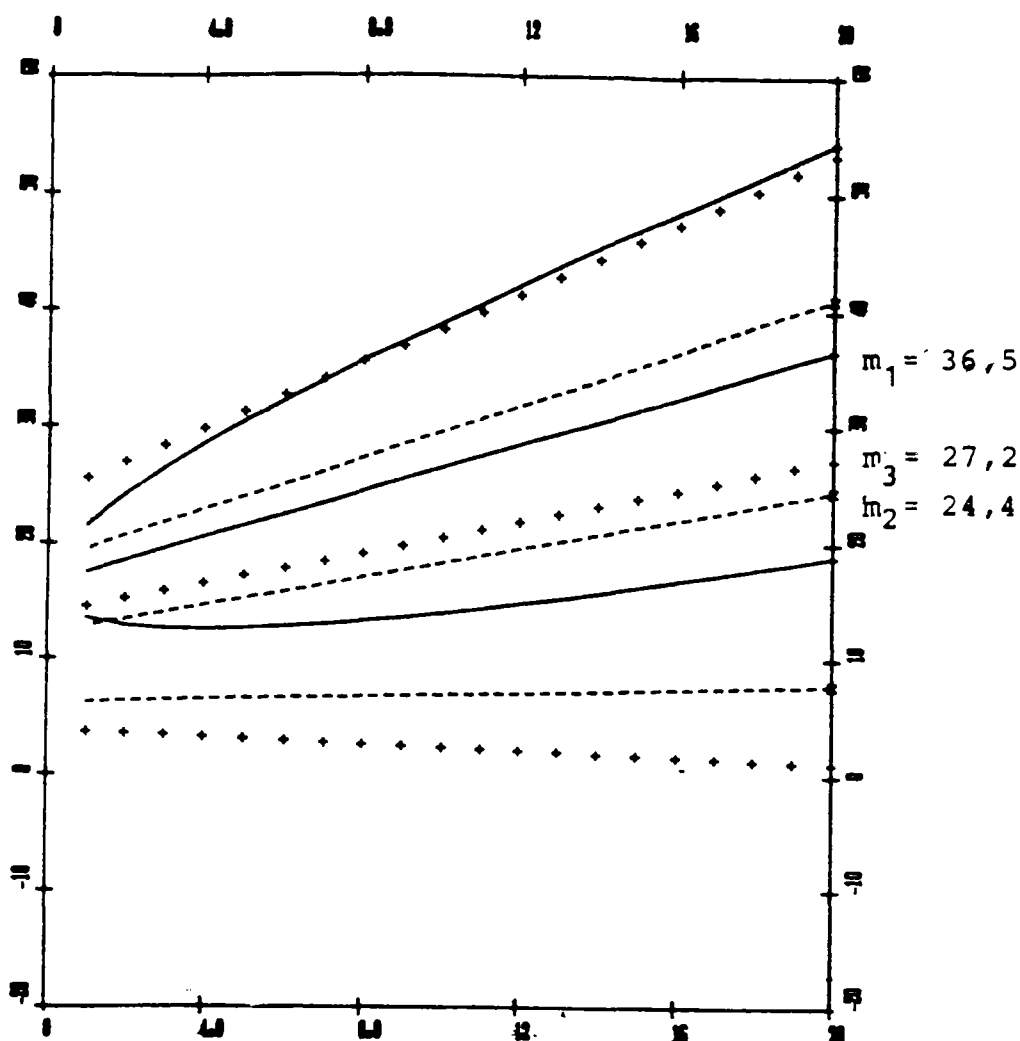
ANNEXE VII.1



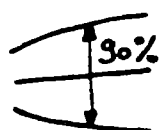
PROCESSUS
SIMULES

$$\begin{aligned} x(0) &= 0 & y(0) &= 0 \\ x(t+1) &= x(t) + 1 + \varepsilon_1(t+1) \\ y(t+1) &= y(t) + 1 + \varepsilon_2(t+1) \end{aligned}$$

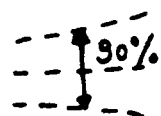
$$\begin{aligned} \sigma \varepsilon_1 &= \sigma \varepsilon_2 = 1 \\ m \varepsilon_1 &= m \varepsilon_2 = 1 \end{aligned}$$



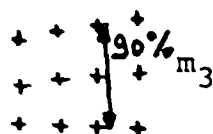
Extrapolation de $y(t)$ après $t=20$ par 3 méthodes



m_1 - Processus $y(t)$ réel



m_2 - Relation $t \leftrightarrow y(t)$ identifiée sur les 20 premières données



m_3 - Relation $x(t) \leftrightarrow y(t)$ identifiée sur les 20 premières données, le processus $x(t)$ étant supposé connu.

ANNEXE IX.1

ANNEXE IX.1 / PROGRAMME DE DIMENSIONNEMENT OPTIMAL
DES MODELES MORPHO-FONCTIONNELS DE RESEAU
(langage: FORTRAN)

```

DIMENSION NQ(319),D(319),Y(319),NTYPE(319),NEXT(319)
INTEGER R
DATA NFRONT, NTRONC, NTREXT, INDT, NALV, NFR1/6*0./
DATA NAD, NREF /2*0/, Y1, DMOY /2*0./
DATA NQ/319*0/,D/319*0./,Y/319*0./
OPEN (UNIT=10, FILE='MORELDON', STATUS='NEW')
WRITE(*,10)
10  FORMAT ('ALTERNATIVE 1 OU 2 ?')
    READ(*,11) NALT
11  FORMAT (I1)
    WRITE(10,12) NALT
12  FORMAT (' ALTERNATIVE ',I1)
    WRITE(*,13)
13  FORMAT ('NOMBRE D''ALVEOLES SUR FRONT D''EXTENSION?')
    READ(*,14) NFRONT
14  FORMAT (I2)
    WRITE(10,15) NFRONT
15  FORMAT (I2, ' ALVEOLES SUR FRONT D''EXTENSION ')
    DO 155 I=1, NFRONT
155  NALV = NALV + I
    WRITE(10,156) NALV
156  FORMAT (I3, ' ALVEOLES OU BRANCHEMENTS
        SUR RESEAU FINAL ')
        IF (NALT.EQ.1) GO TO 157
    WRITE(*,158)
158  FORMAT('NOMBRE D''ALVEOLES SUR FRONT D''EXTENSION DE
        PREMIERE PHASE')
    READ(*,159) NFR1
159  FORMAT(I3)
    WRITE(10,1591)
1591 FORMAT(I3, ' ALVEOLES SUR FRONT D''EXTENSION DE PREMIERE
        PHASE')
    DO 160 I=1, NFR1
160  NALV1 = NALV1 + 1
    WRITE(10,161) NALV1
161  FORMAT(I3, ' ALVEOLES OU BRANCHEMENTS SUR RESEAU DE
        PREMIERE PHASE')
157  R = NFRONT - (NFRONT/2)*2
    IF (R) 16, 16, 17
16  NTRONC = ((NFRONT/2)*((3*NFRONT/2)+2))-1
    GO TO 171
17  NTRONC = (((NFRONT-1)/2)*((3*(NFRONT-1)/2)+5))+1
171  WRITE(10,18) NTRONC
18  FORMAT(I3, ' TRONCONS UNITAIRES DANS RESEAU FINAL')
    NN = 319 - NTRONC

```

```
      WRITE(*,20)
20  FORMAT(' NOMBRE DE DEBITS ELEMENTAIRES
      DANS CHAQUE TRONCON ?')
      WRITE(10,21)
21  FORMAT('NOMBRE DE DEBITS ELEMENTAIRES
      DANS CHAQUE TRONCON')
      DO 24 I=1,319
      DO 23 J=1,NN
      IF(NEXT(I).EQ.J) GO TO 24
23  CONTINUE
      WRITE(*,25) I
25  FORMAT(' NOMBRE DE DEBITS ELEMENTAIRES
      DANS LE TRONCON ', I3, ' ?')
      READ(*,26) NQ(I)
26  FORMAT(I3)
24  CONTINUE
      WRITE(10,27) ((I,NQ(I)), I=1,319)
27  FORMAT(10,(' NQ(',I3,')=', I3))
      ND = 319
      DO 30 I=1,319
      IF(NQ(I)) 40, 50, 40
50  Y(I)=0
      ND=ND-1
      GO TO 30
40  NT=NTYPE(I)
      GO TO (60,70,80) NT
60  IF(NQ(I-1)-1) 61, 63, 61
61  Y(I)=Y(I-1)+Y(I-2)+Y(I-3)
      GO TO 30
63  Y(I)=1
      GO TO 30
70  IF(NQ(I)-1) 71, 63, 71
71  Y(I)=Y(I-1)*((NQ(I)/NQ(I-1))**(1.8*(1-(4.8/5.8))))
      GO TO 30
72  Y(I)=Y(I-2)*((NQ(I)/NQ(I-2))**(1.8*(1-(4.8/5.8))))
      GO TO 30
80  IF(NQ(I-1)) 81, 72, 81
81  IF(NQ(I-1)-1) 811, 921, 811
811 WRITE(*,82) I
82  FORMAT(' TRONCON ', I3/'CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE
      SUR LA BRANCHE DE REFERENCE'
      WRITE(*,821)
821 FORMAT(' NOMBRE DE TRONCONS SUR LA BRANCHE
      DE REFERENCE ? ET INDICES ?')
      READ(*,83) NREF
83  FORMAT(I2)
      DO 84 J=1,NREF
      READ(*,85) IND1
85  FORMAT(I3)
      YREF=YREF+Y(IND1)
84  CONTINUE
      WRITE(*,86)
```

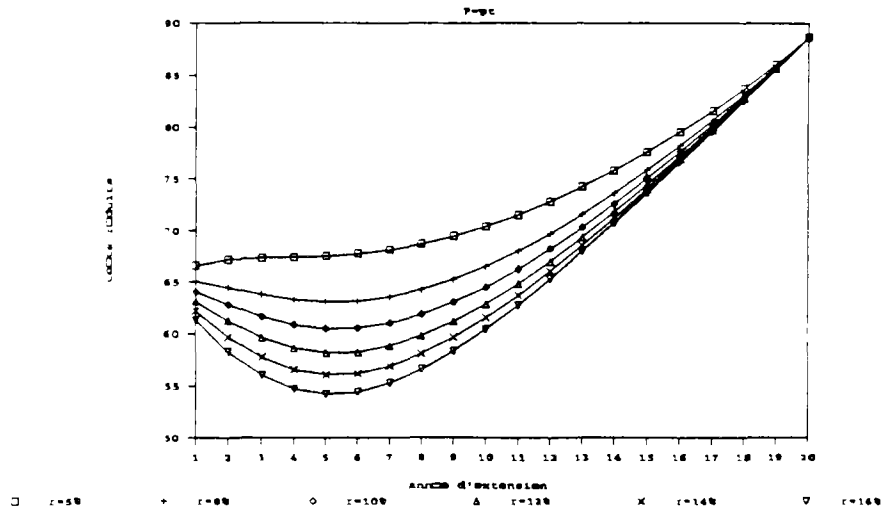
```
86  FORMAT(' CALCUL DE LA PERTE DE CHARGE SUR LA BRANCHE
      ADJACENTE:')
      WRITE(*,861)
861  FORMAT(' NOMBRE DE TRONCONS ? ET INDICES ?')
      READ(*,87) NADJ
87  FORMAT(I2)
      DO 88 J=1,NADJ
      READ(*,89) INDJ
89  FORMAT(I3)
      YADJ=YADJ+Y(INDJ)
88  CONTINUE
      WRITE(*,90)
90  FORMAT(' RECALCUL DES PERTES DE CHARGE DE LA BRANCHE
      ADJACENTE:')
      WRITE(*,901)
901  FORMAT(' INDICES MIN. ET MAX. DES TRONCONS ?')
      READ(*,911) IMIN
911  FORMAT(I3)
      READ(*,912) IMAX
912  FORMAT(I3)
      DO 92 J=IMIN, IMAX
      Y(J)=Y(J)*YREF/YADJ
92  CONTINUE
921  WRITE(*,93) I
93  FORMAT(' NOMBRE DE BRANCHES AUXQUELLES APPARTIENT LE
      TRONCON ', I3, ' ?')
      READ(*,931) NTREXT
931  FORMAT(I2)
      WRITE(*,94)
94  FORMAT(' INDICES DE LEURS TRONCONS D'EXTREMITE ?')
      DO 95 J=1,NTREXT
      READ(*,96) INDJ
96  FORMAT(I3)
      Y(I)=Y(I)
      +((Y(INDJ)/(NQ(INDJ)**1.8))**(1.8-(1.8*4.8/5.8)))
95  CONTINUE
      Y(I)=(Y(I)**(-4.8/5.8))*(NQ(I)**(1.8-(1.8*4.8/5.8)))
30  CONTINUE
      IF(NQ(315)) 31, 32, 31
31  Y1=Y(315)+Y(316)+Y(317)+Y(318)+Y(319)
      GO TO 1022
32  WRITE(*,100)
100  FORMAT(' CALCUL DES DIAMETRES:')
      WRITE(*,1000)
1000 FORMAT(' NOMBRE DE TRONCONS D'UNE BRANCHE COMPLETE?')
      READ(*,101) NTREXT
101  FORMAT(I2)
      WRITE(*,1011)
1011 FORMAT(' INDICES DES TRONCONS ?')
      DO 102 I=1,NTREXT
      READ(*,103) INDJ
103  FORMAT(I3)
```

```
      Y1=Y1+Y(INDT)
102  CONTINUE
1022 DO 104 I=1,319
      IF(Y(I)) 1020, 1021, 1020
1021 D(I)=0
      GO TO 104
1020 D(I)=(Y1*(NQ(I)**1.8)/Y(I))**(1/4.8)
104  CONTINUE
      DO 105 I=1,319
      DMOY=DMOY+D(I)
105  CONTINUE
      WRITE(10,106) ((I, D(I)), I=1,319)
106  FORMAT(8(' D(', I3, ') = ', F5.2))
      DMOY=DMOY/ND
      WRITE(10,107) DMOY
107  FORMAT(' DMOY = ', F5.2)
      WRITE(*,1061) I, D(I)
1061 FORMAT(10(' D(', I3, ') = ', F5.2))
      WRITE(*,1071) DMOY
1071 FORMAT(' DMOY = ', F5.2)
      GO TO (108,119) NALT
108  DO 1080 I=1,NFRONT
      WRITE(10,1081) I
1081 FORMAT(//' RESEAU PREMIERE PHASE: n = ', I2)
      DMOY1=0
      DMOY2=0
      R=I-(I/2)*2
      IF (R) 110, 110, 111
110  NTRONC=((I/2)*((3*I/2)+2))-1
      GO TO 112
111  NTRONC=((I-1)/2)*(3*(I-1)/2+5))+1
112  WRITE(10,1121) NTRONC
1121 FORMAT(' longueur du réseau 1ère phase = ', I3)
      NN=319-NTRONC
      ND2=ND-NTRONC
      DO 113 J=1,319
      DO 114 K=1,NN
      IF(NEXT(J).EQ.K) GO TO 115
114  CONTINUE
      DMOY1=DMOY1+D(J)
      GO TO 113
115  DMOY2=DMOY2+D(J)
113  CONTINUE
      DMOY1=DMOY1/NTRONC
      WRITE(10,117) DMOY1
117  FORMAT(' DMOY1 = ', F5.2)
      IF (ND2) 1131, 1080, 1131
1131 DMOY2=DMOY2/ND2
      WRITE(10,1171) ND2
1171 FORMAT(' longueur du réseau 2ème phase = ', I3)
      WRITE(10,1172) DMOY2
1172 FORMAT(' DMOY2 = ', F5.2)
```

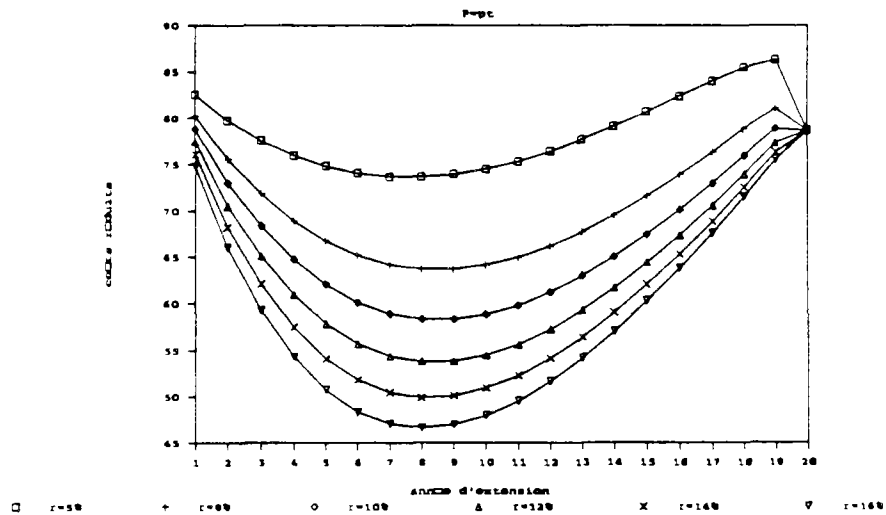
```
1080 CONTINUE
119  R=NFR1-(NFR1/2)*2
    IF(R) 120, 120, 121
120  NTRONC1=((NFR1/2)*((3*NFR1/2)+2))-1
    GO TO 122
121  NTRONC1=((NFR1-1)/2)*((3*(NFR1-1)/2)+5))+1
122  NEXTSN=NTRONC-NTRONC1
    WRITE(10,1221) NEXTSN
1221 FORMAT(' longueur du réseau d''extension = ', I3)
    NN=319-NTRONC1
    NPARA=ND-NEXTSN
    DMOY1=0
    DMOY2=0
    DO 123 J=1,319
    DO 124 K=1,NN
    IF(NEXT(J).EQ.K) GO TO 125
124  CONTINUE
    DMOY1=DMOY1+D(J)
    GO TO 123
125  DMOY2=DMOY2+D(J)
123  CONTINUE
    DMOY2=DMOY2/NEXTSN
    WRITE(10,127) DMOY2
127  FORMAT(' DMOY2 = ', F5.2)
    WRITE(10,128)
128  FORMAT('/' longueur du réseau parallèle')
    WRITE(10,1281) NPARA
1281 FORMAT(' au réseau de 1ère phase = ', I3)
    DMOY1=DMOY1/NPARA
    WRITE(10,129) DMOY1
129  FORMAT(' DMOY1 = ', F5.2)
    CLOSE(UNIT=10)
    END
```

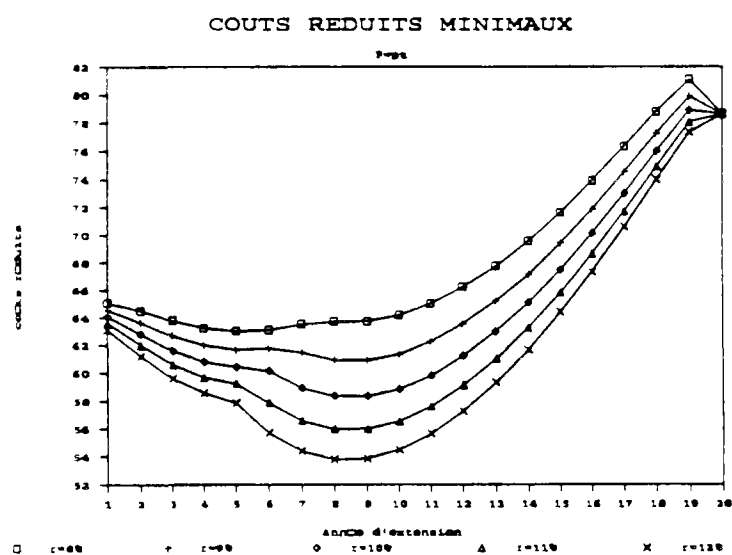
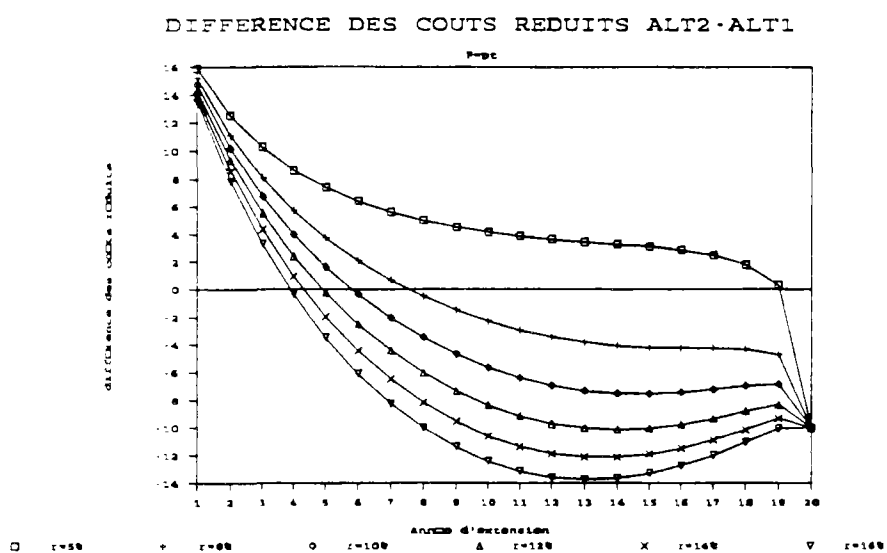

ANNEXE IX.2

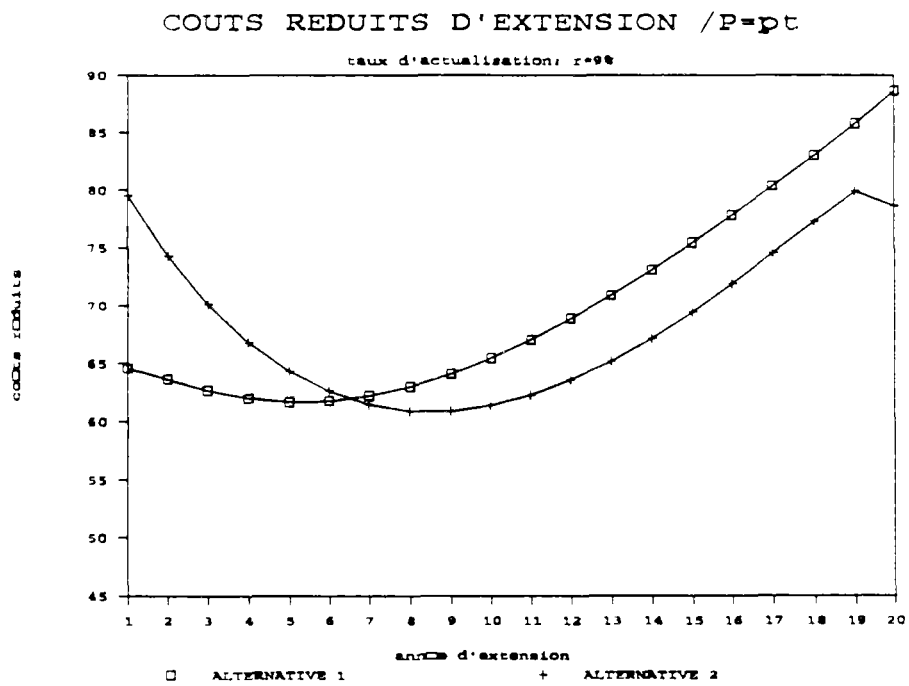
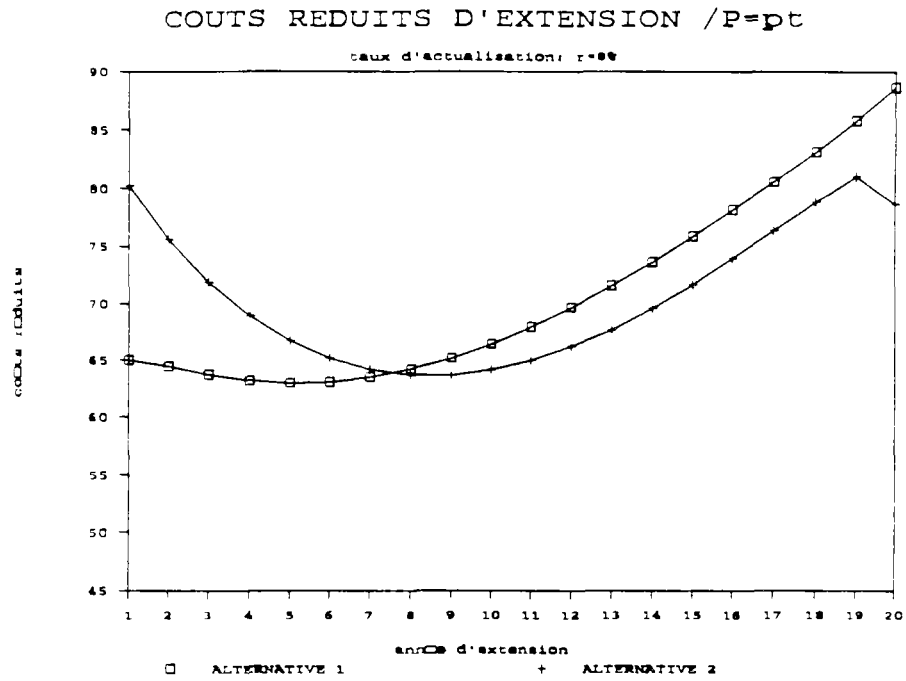
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 1

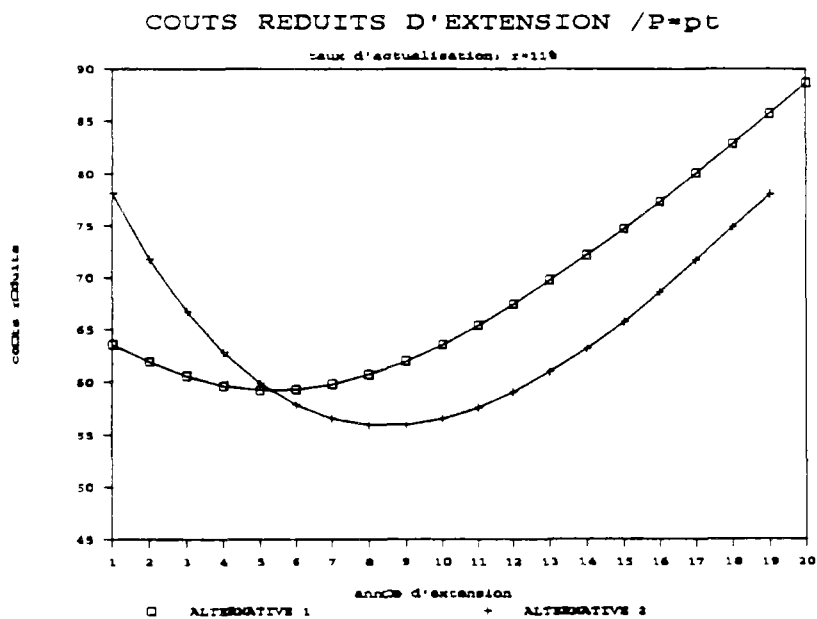
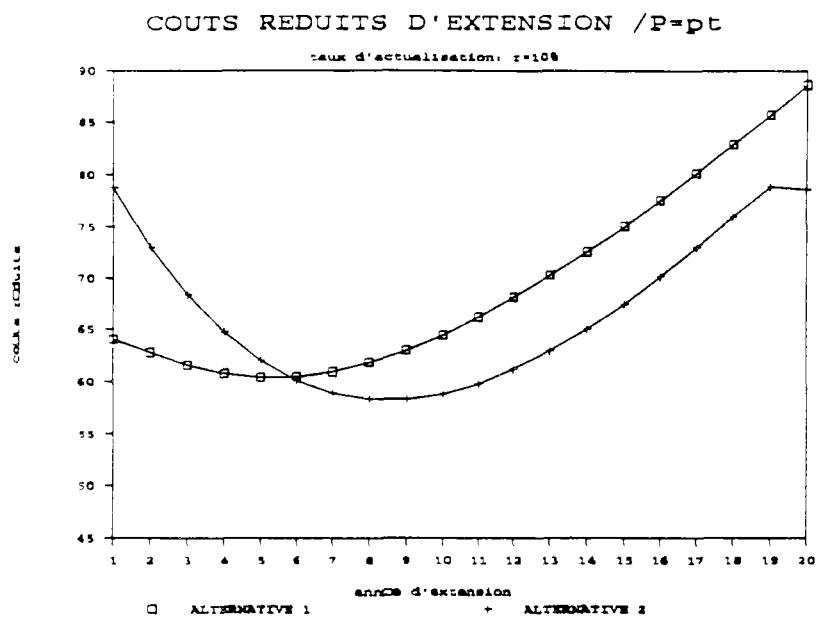


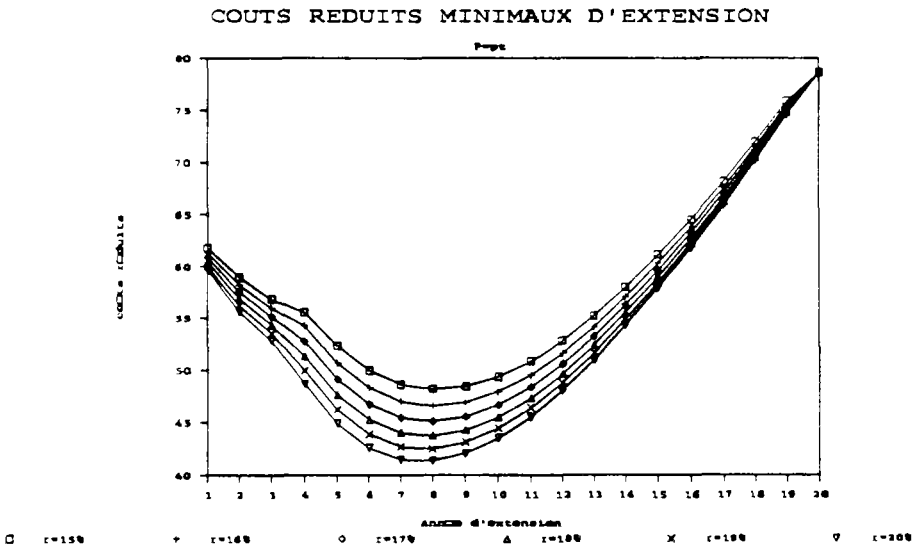
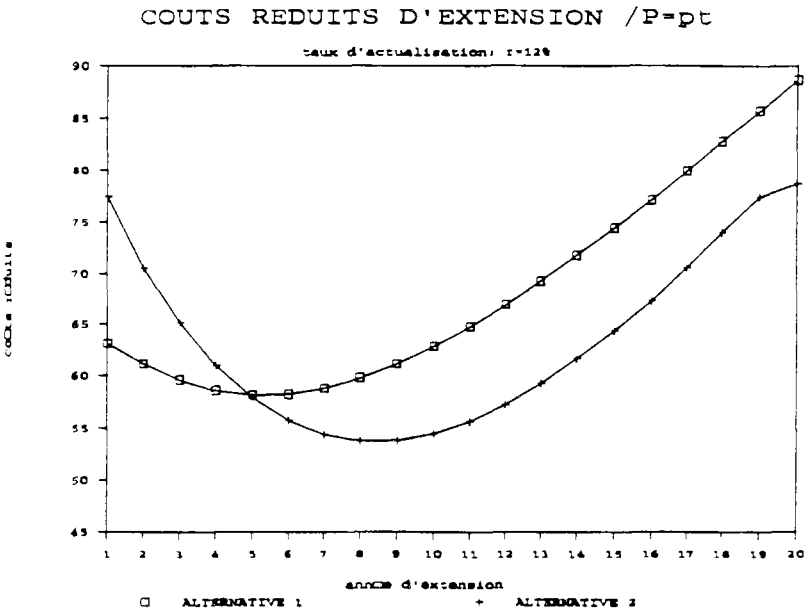
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 2

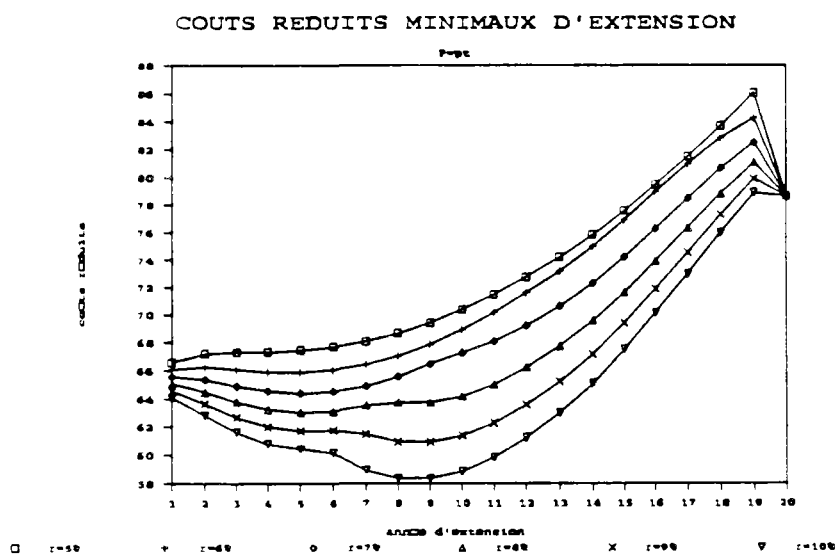
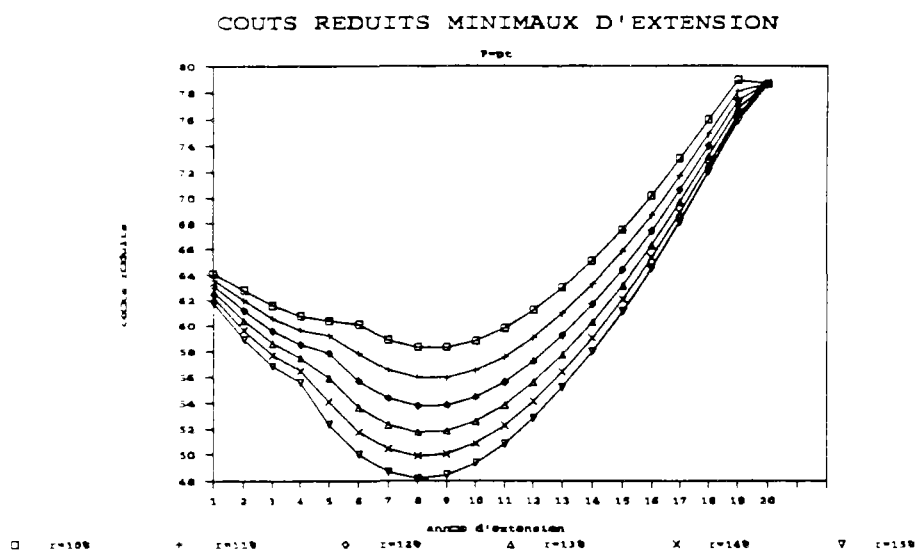




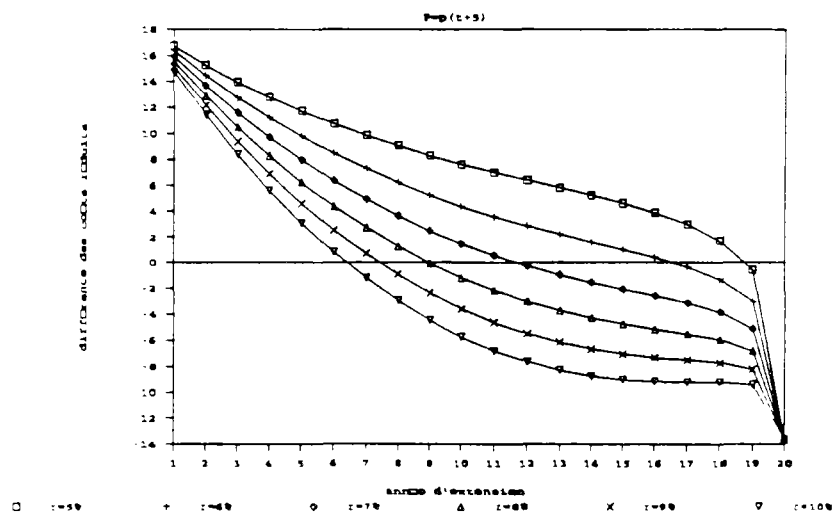




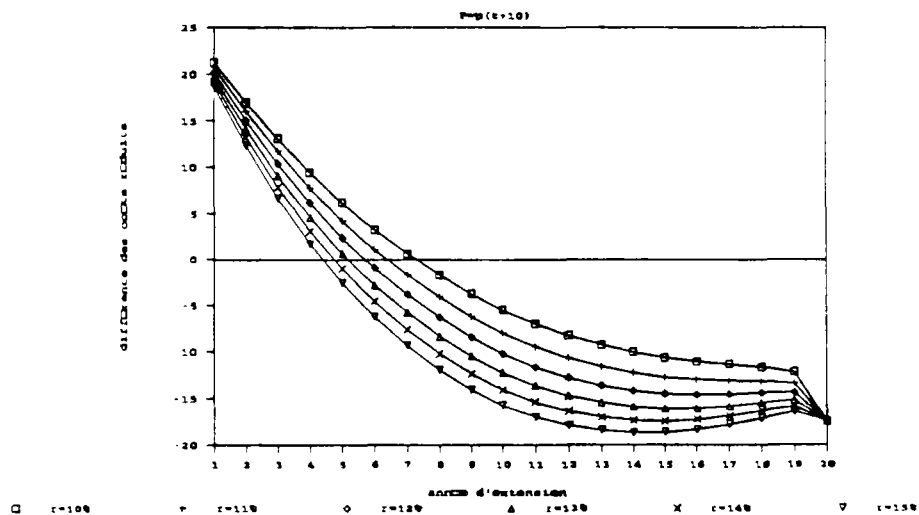




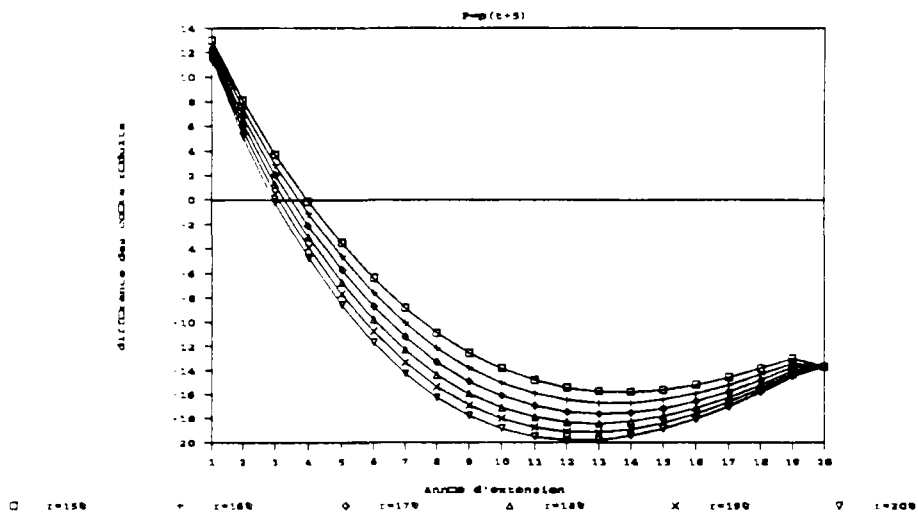
DIFFERENCE DES COUTS REDUITS ALT1-ALT2



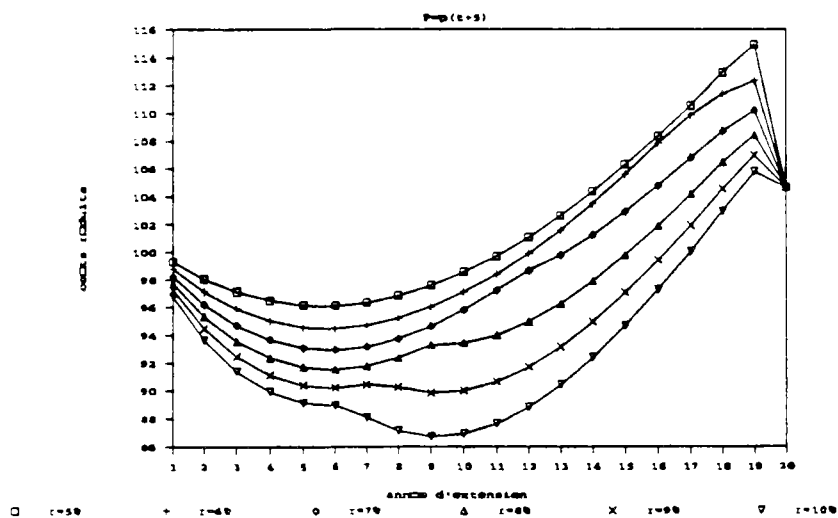
DIFFERENCE DES COUTS REDUITS ALT2-ALT1



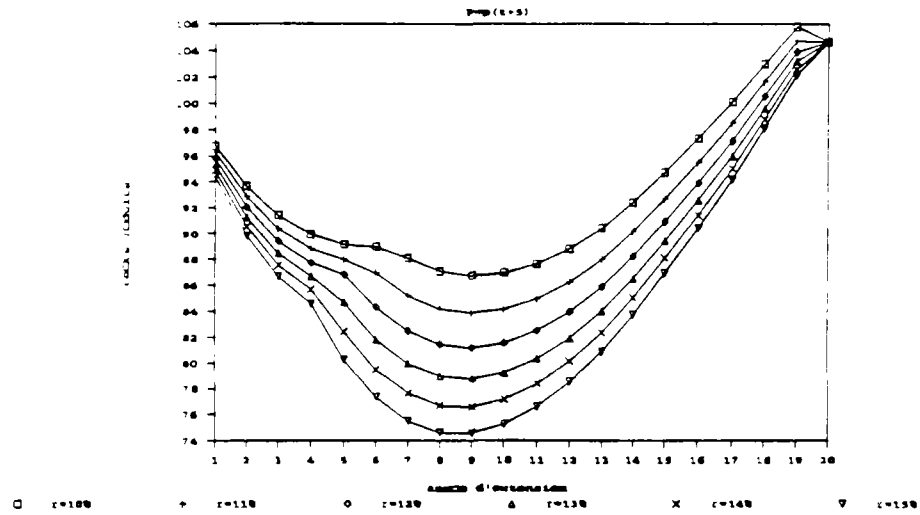
DIFFERENCE DES COUTS REDUITS ALT1-ALT2



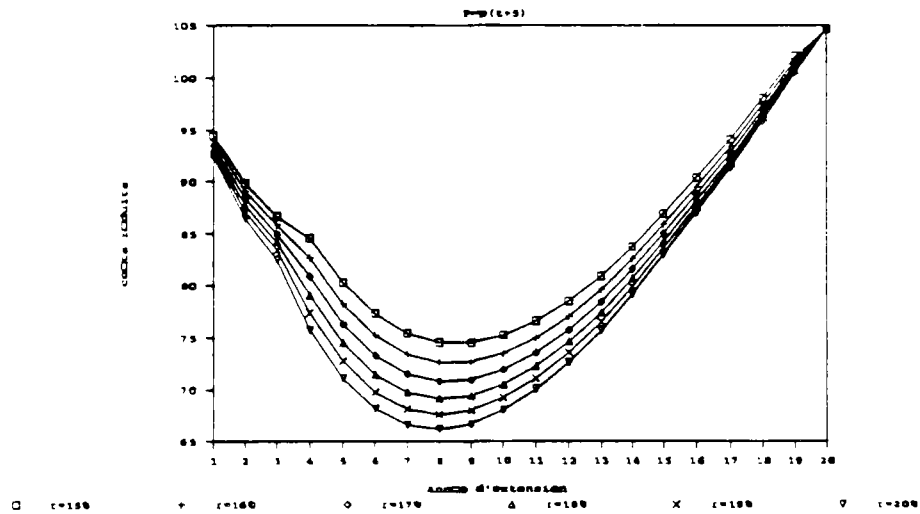
COUTS REDUITS MINIMAUX D'EXTENSION

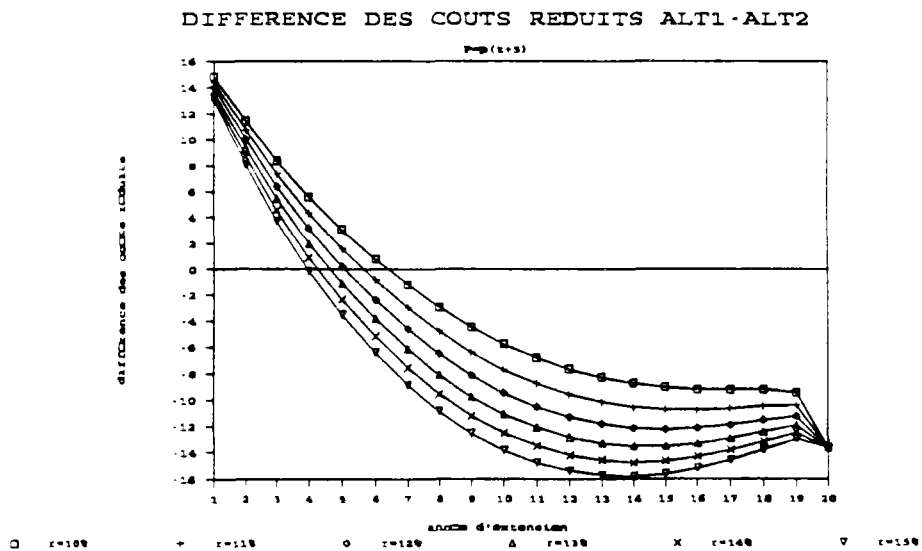
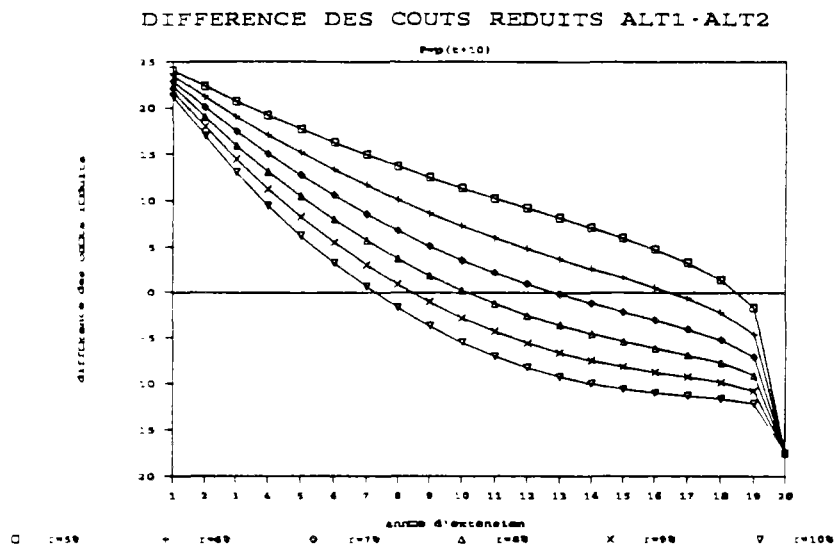


COUTS REDUITS MINIMAUX D'EXTENSION

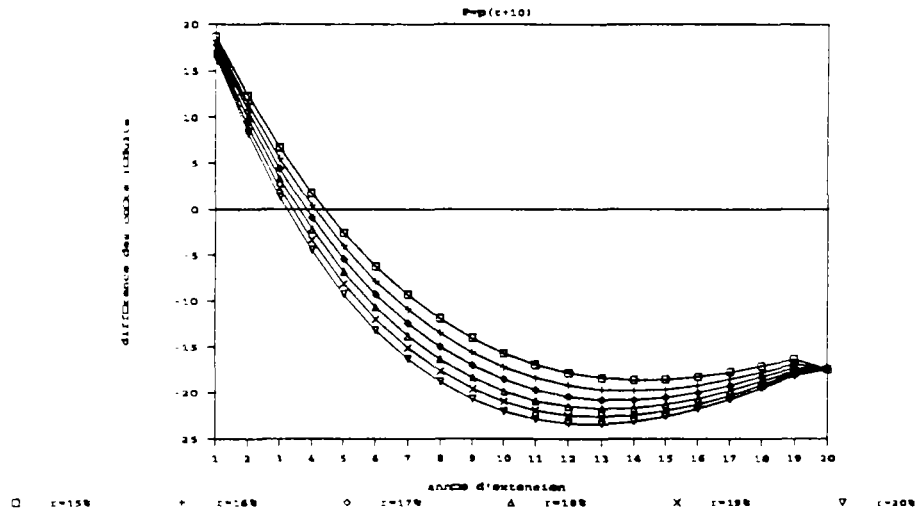


COUTS REDUITS MINIMAUX D'EXTENSION

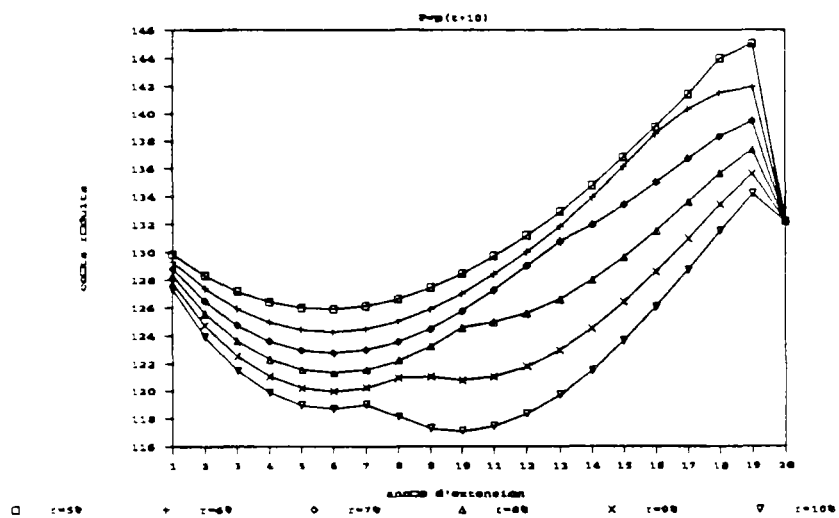


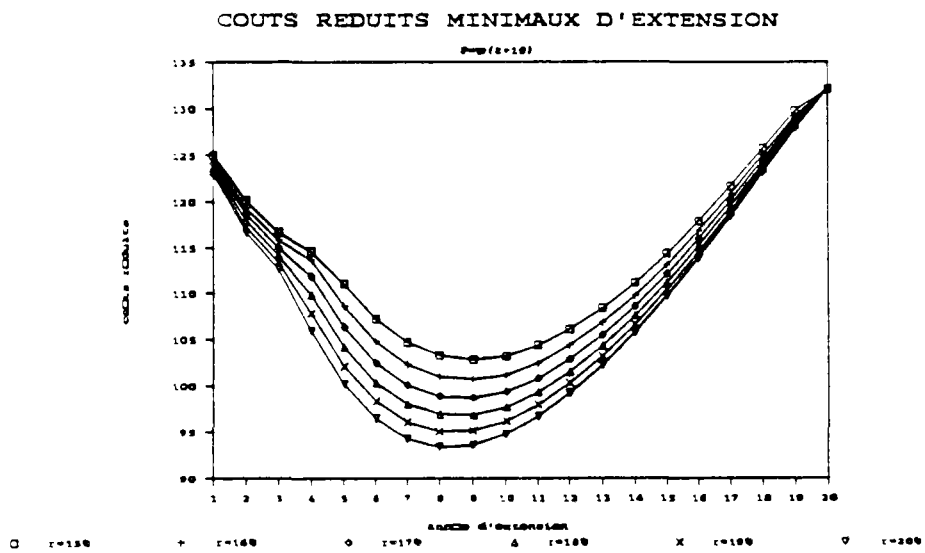
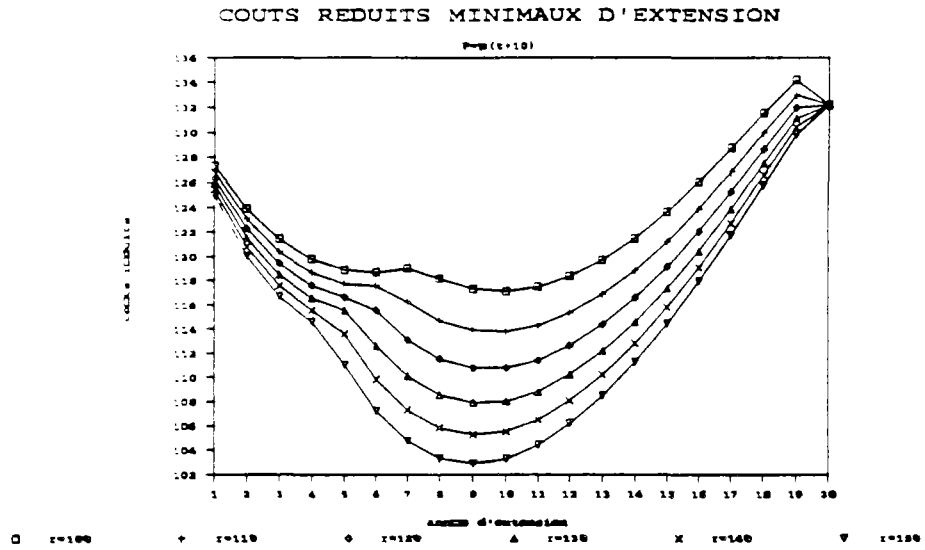


DIFFERENCE DES COÛTS REDUITS ALT2-ALT1



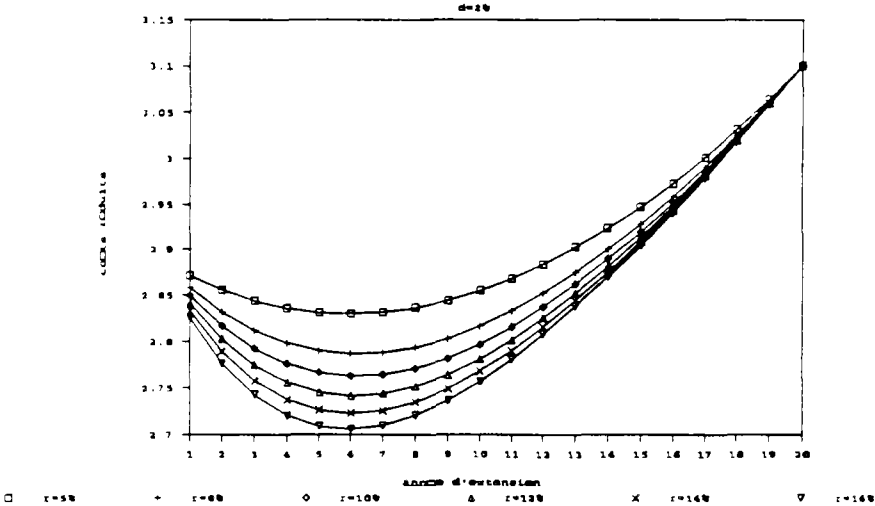
COÛTS REDUITS MINIMAUX D'EXTENSION



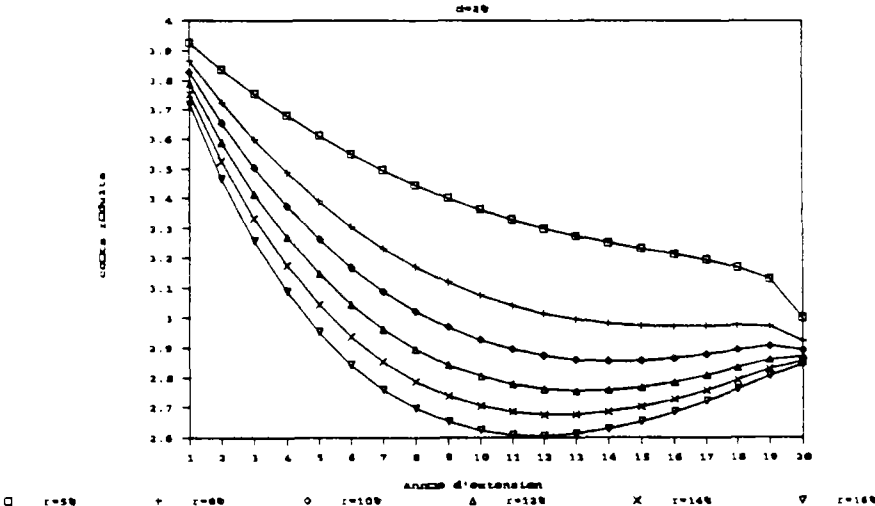


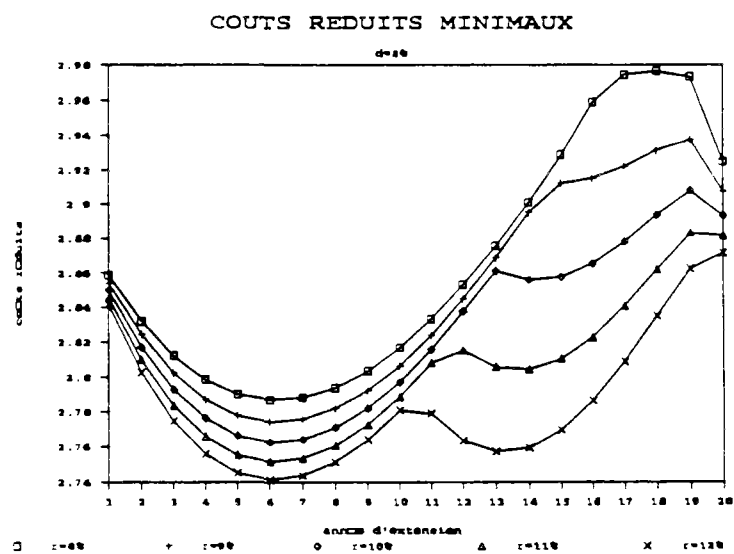
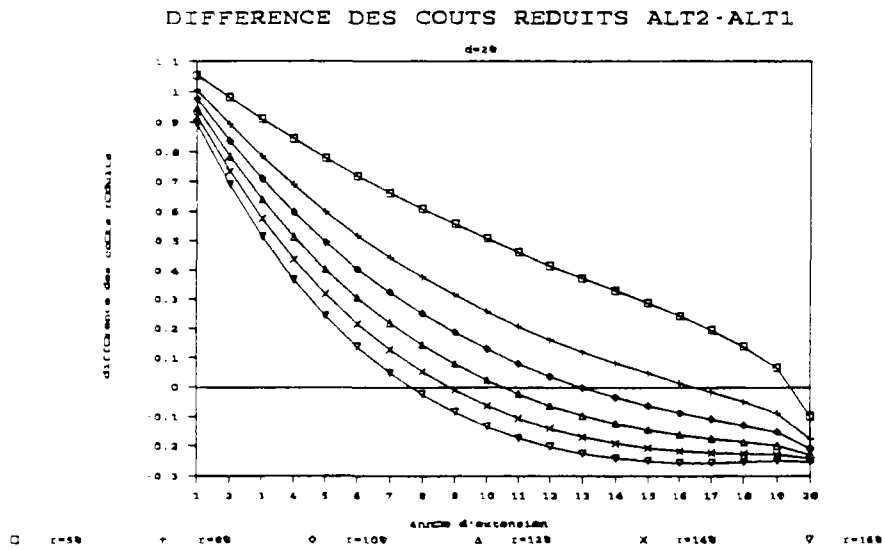
ANNEXE IX.3

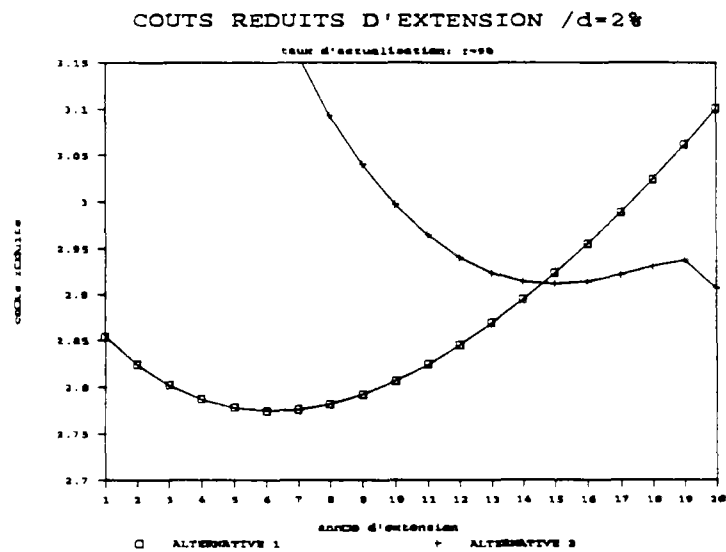
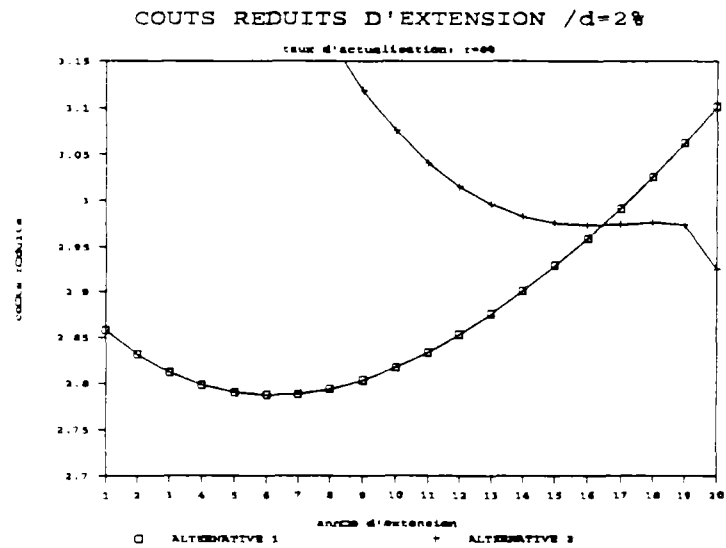
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 1

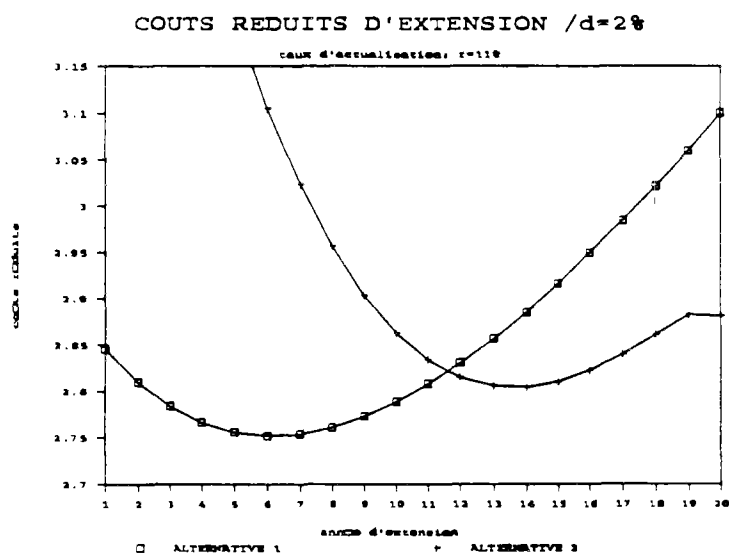
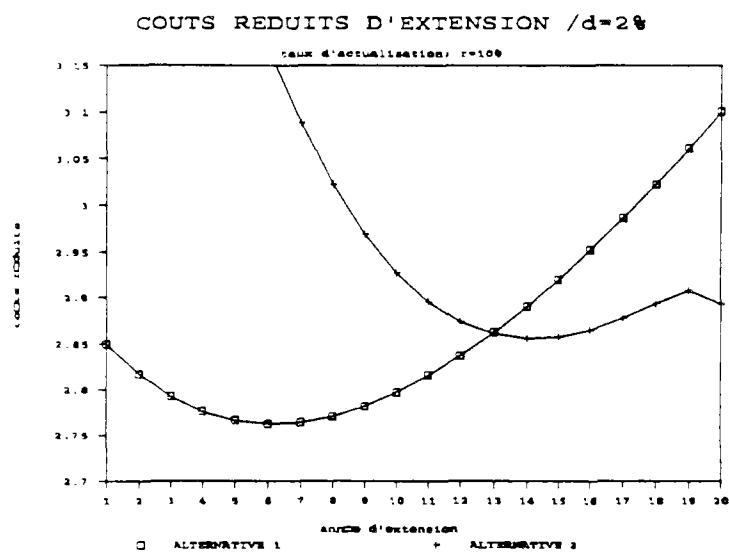


COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 2

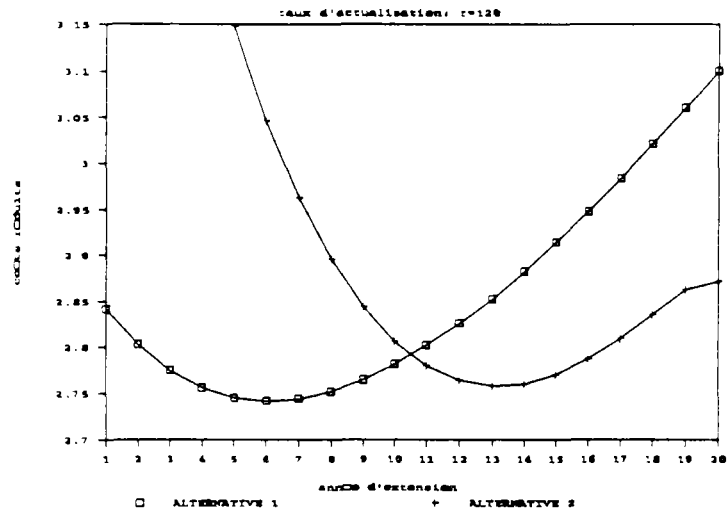




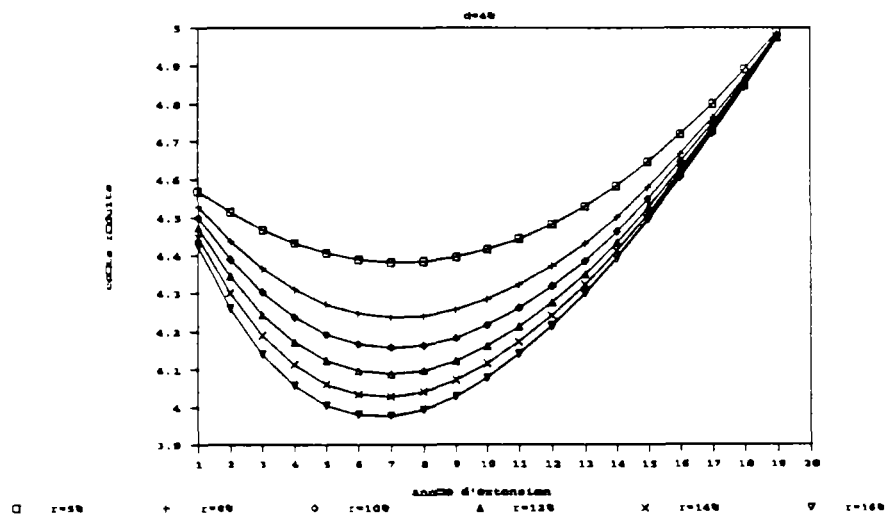




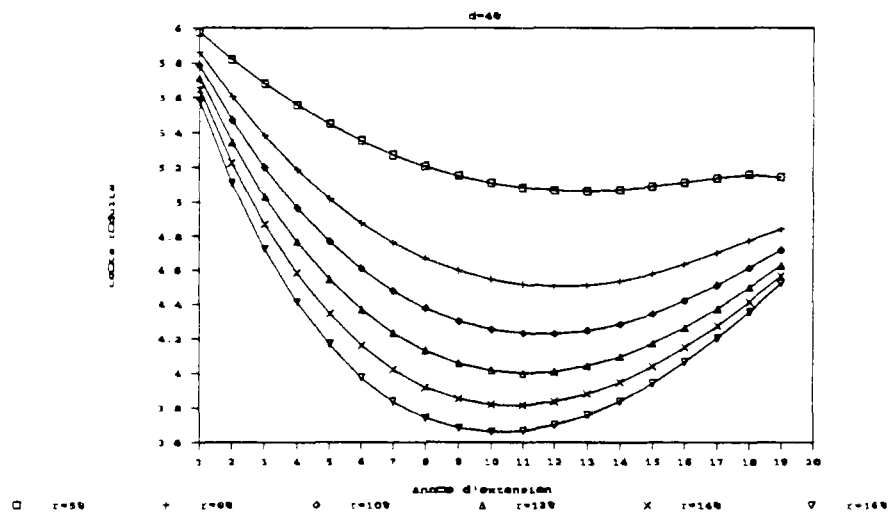
COUTS REDUITS D'EXTENSION /d=2%



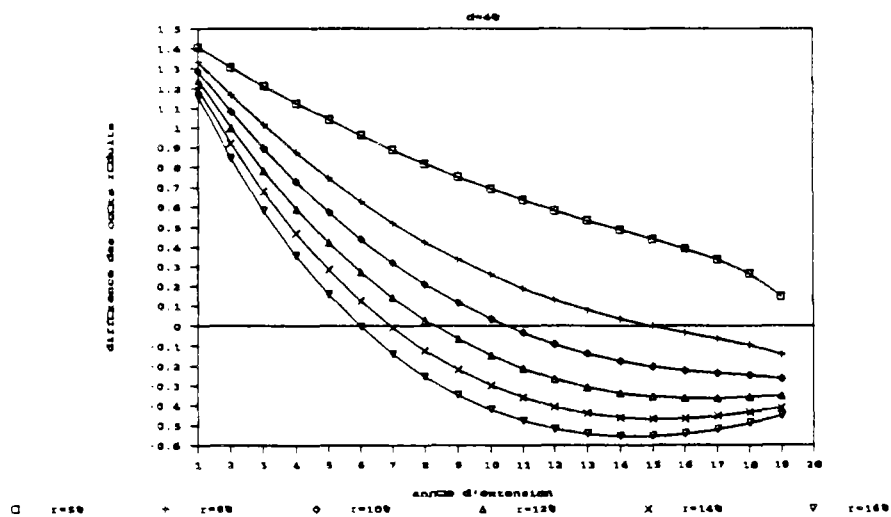
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERN. 1



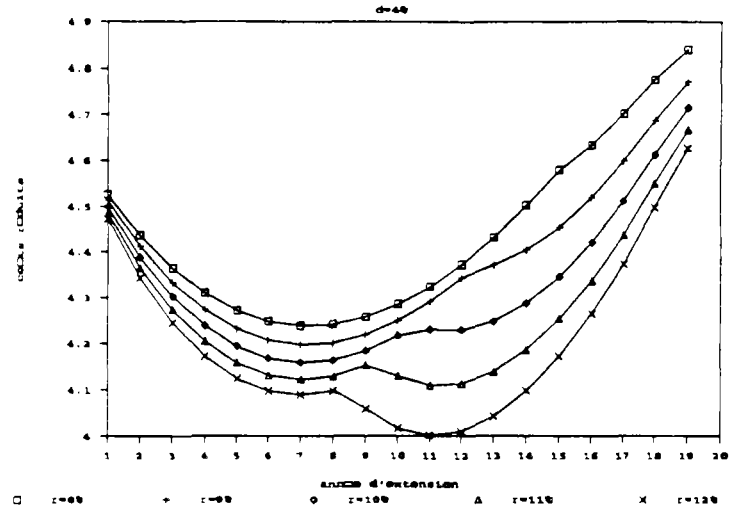
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERN. 2



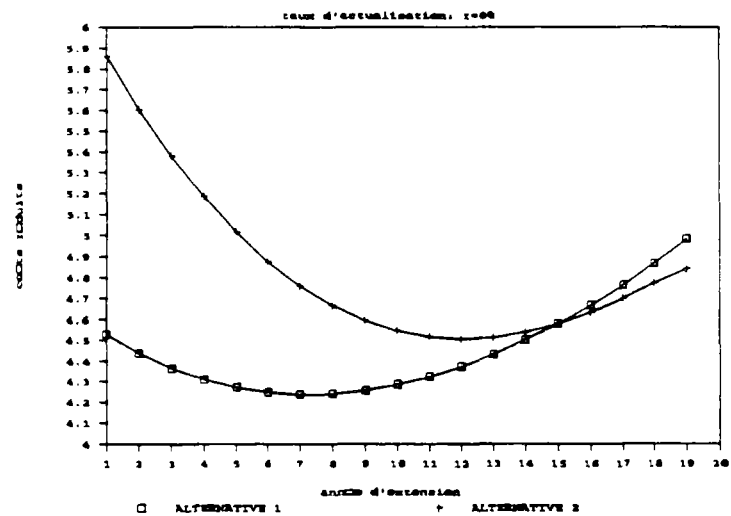
DIFFERENCE DES COUTS REDUITS ALT2-ALT1

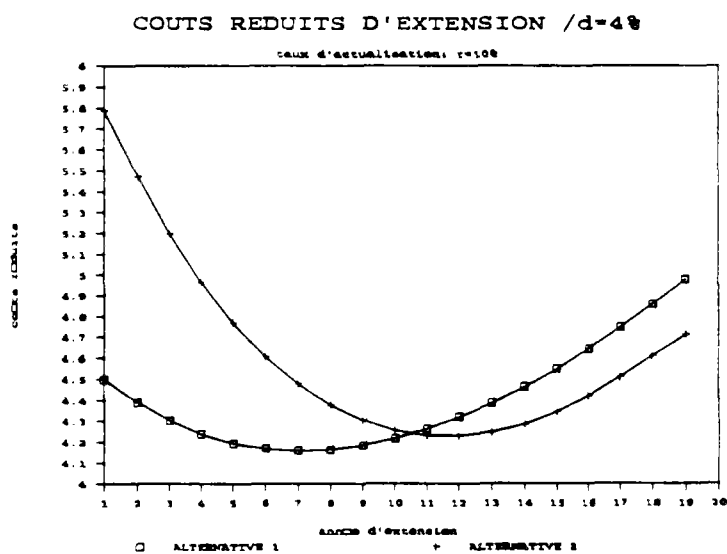
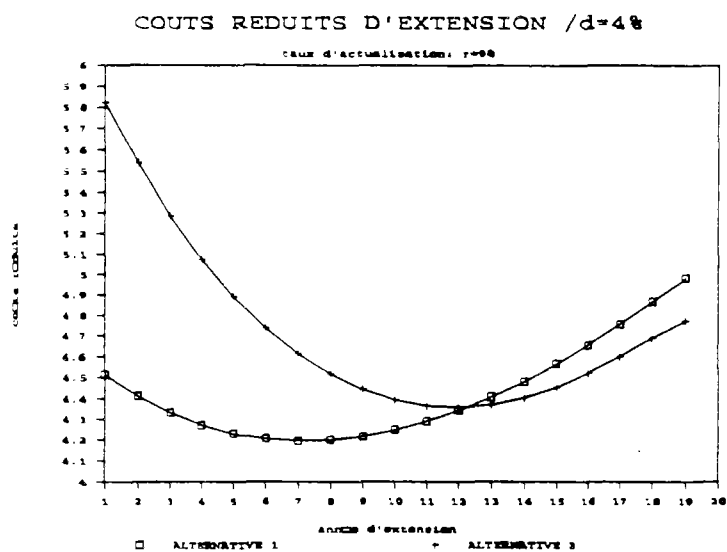


COUTS REDUITS MINIMAUX

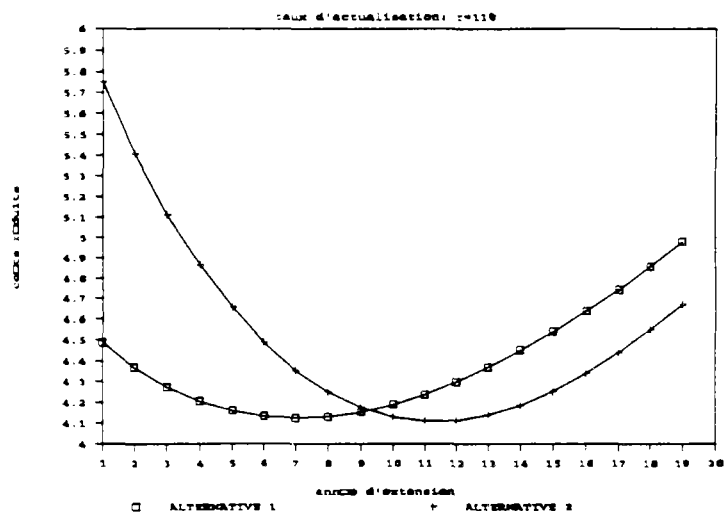


COUTS REDUITS D'EXTENSION /d=40

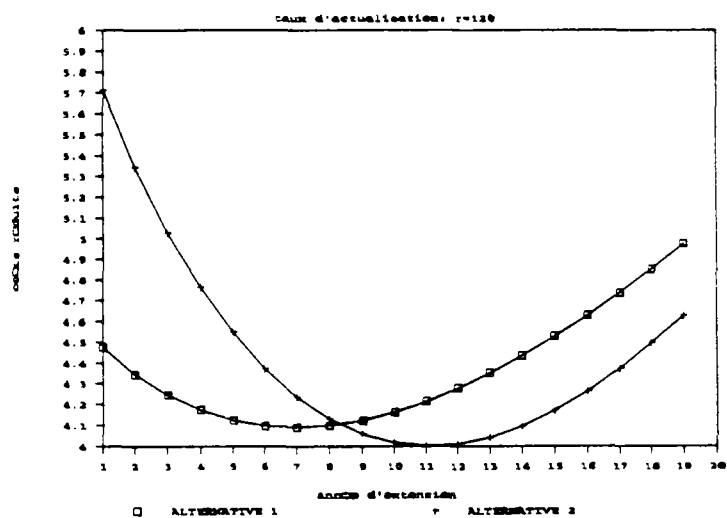




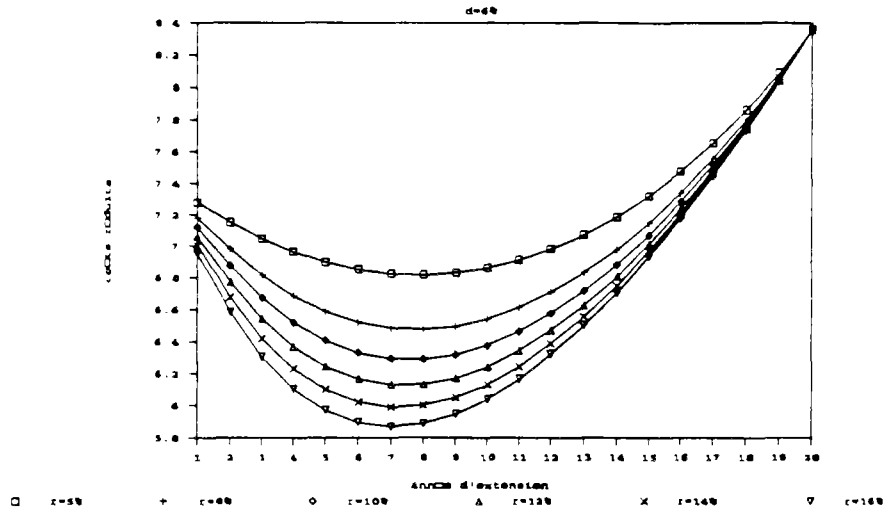
COUTS REDUITS D'EXTENSION /d=4%



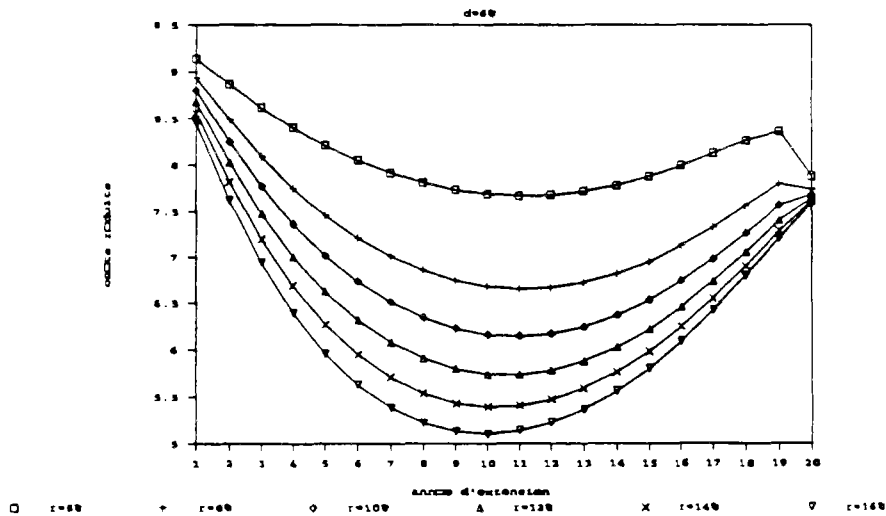
COUTS REDUITS D'EXTENSION /d=4%



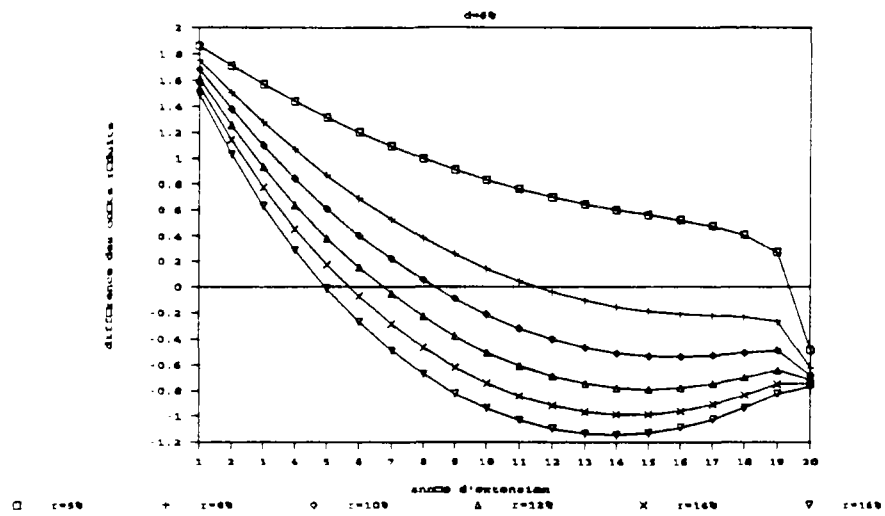
COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 1



COUTS REDUITS D'EXTENSION/ALTERNATIVE 2



DIFFERENCE DES COUTS REDUITS ALT2-ALT1



COUTS REDUITS MINIMAUX

